



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

JEREMI REKONEN
TALVIRAKENTAMISEN RISKIEN JA KUSTANNUSTEN HALLINTA

Diplomityö

Tarkastajat: Tkl Olli Teriö ja Prof.
Arto Saari
Tarkastajat ja aihe hyväksytty
Talouden ja rakentamisen tiedekun-
taneuvoston kokouksessa 8. kesä-
kuuta 2016

TIIVISTELMÄ

Jeremi Rekonen: Talvirakentamisen riskien ja kustannusten hallinta

Tampereen teknillinen yliopisto

Rakennustekniikan laitos

Diplomityö, 60 sivua

Joulukuu 2016

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Rakennustuotanto

Tarkastajat: Tekniikan Lisensiaatti Olli Teriö ja Professori Arto Saari

Avainsanat: Talvirakentaminen, riskit, riskienhallinta, kustannukset

Kustannusten hallinnalla on tärkeä rooli rakennusprojektin onnistumisen kannalta. Keskeisimpien työvaiheiden osalta kustannusten määrä on nykyisin varsin tarkasti laskettavissa. Talvi muuttaa kuitenkin rakentamisen luonnetta merkittävästi. Useimpiin työvaiheisiin se tuo lisäkustannuksia. Toisaalta joissain saavutetaan säästöjä. Talvirakentamisen kustannusten hallitsemiseksi tulee ymmärtää talvirakentamiseen liittyvät laadulliset -, työtekniset- ja taloudelliset seikat. Tässä työssä selvitetään mistä talvirakentamisen kustannukset koostuvat. Työn päätavoitteena on tunnistaa tekijät talvirakentamisen kustannusten hallitsemiseksi.

Tutkimuksen työmaahavainnot suoritettiin toimitilarakennustyömaalla Pohjois-Suomessa talven 2015-2016 aikana. Toimintatutkimuksen kohteena oli noin 1200 m² laajennustyömaa. Tutkimuksen tekijä toimi kyseisellä työmaalla työmaainsinöörin tehtävissä. Tutkimuksen aikana ylläpidettiin talvitöiden tutkimuspäiväkirjaa ja kustannusseurantaa. Työn kirjallisuuskatsausta tehtäessä syvennyttiin termeihin riski ja riskienhallinta. Lisäksi tarkasteltiin talvirakentamisen erityispiirteitä. Talvirakentamisesta keskeisimpinä asioina nostettiin esille laadunhallinta, kustannukset, työtekniikka ja työturvallisuus. Toimintatutkimuksen aikana kerätyistä talvityöhavainnosta laadittiin yhteenveto, jossa on esitetty tärkeimmät talvitöihin liittyvät riskit ja kustannukset.. Vastaavasti kustannusseurannan tuloksia analysoitiin jakamalla ne työvaiheittain sekä tunnistamalla suurimmat kustannuserät. Tutkimuksen tueksi suoritettiin teemahaastattelu talvirakentamisen riskeistä. Haastateltavina olivat kohdetyömaalla työskennellyt työtekniikko sekä yrityksen työpäällikkö.

Tutkimuksen tuloksena selvisi, että talvirakentamisen kustannukset tulisi laskea jo kustannuslaskennan aikana työvaiheiden sisälle. Sääolosuhteista aiheutuu kuitenkin epävarmuutta, jonka merkitystä on vaikea arvioida. Tutkimuksen aikana havaitut talvikustannukset kertyivät pääasiassa pohjarakentamistöiden yhteydessä, joskin myös runkotöiden aikana kertyi kustannuksia. Talvirakentamiskustannusten hallitsemisen kannalta pohjarakentamistyöt osoittautuivat tutkimuskohdetta vastaavissa töissä merkittävimmiksi. Suurimmat talvirakentamisen riskitekijät liittyvät laadunhallintaan. Laadunhallinnan kannalta tärkeimpiä ovat maatyöt sekä betonoinnit. Myös aikataulutukset sekä työvaiheiden onnistuminen sen mukaisesti nousivat esiin tärkeänä talvirakentamisen kustannushallinnan tekijänä. Työturvallisuuden kannalta talvirakentaminen aiheuttaa lisätoimenpiteitä, joskin niiden kustannusvaikutukset ovat pieniä.

ABSTRACT

Jeremi Rekonen: Management of risks and cost effects in winter construction
Tampere University of Technology
Master of Science Thesis, 60 pages
December 2016
Master's Degree Programme in Civil Engineering
Major: Building production
Examiners: Licentiate of Science Olli Teriö and Professor Arto Saari

Keywords: Winter construction, risks, risk management, costs

Cost management is important part of successful building project. Cost accounting of the key stages is nowadays quite accurate. Nevertheless, winter changes the characteristics of construction work. Most of the stages will have additional costs. On the other hand, in some stages there will be cost savings. To management the costs of construction work in winter, it is necessary to understand how winter influences to quality, technique and finances of construction work. This research finds out how costs of winter construction are consisted. Primary aim of this research is identifying the key factors to management the costs in winter construction.

Observations of this research were made in facility construction site in Northern Finland during winter 2015-2016. Target of the active research was 1200 m² extension site of building. Researcher was working as a site engineer in target site. Researcher did maintain diary and cost control about winter works during the research. Terms as risk and risk management were familiarized in literature review. Another main part of literature review were the special characteristics of winter construction. As the most important parts of winter construction, quality management, costs, work safety and technique were highlighted. Main observations of active research were summarized. Cost control was analysed by dividing it to key stages and identifying the main costs. Theme interview about the risks in winter construction was also conducted to support the research. Interviewees were the technician who worked in the site and work foreman of construction firm.

Outcome of the examination was that costs of winter construction should be calculated inside the stages already in cost accounting. Nonetheless, weather conditions cause uncertainty which effects are hard to estimate. Most of the costs cumulated during foundation work, though some of the costs were cumulated in framework. Foundation work turned out to be the most important part of cost management in winter construction. The biggest elements of risks are associated with quality management. The main parts of quality management are groundwork and concreting. Scheduling and observance of it was noticed to be an important part of cost management in winter construction. Winter construction causes some measures to work safety, though the cost impact of them are small.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty opinnäytteenä Tampereen teknillisen yliopiston Rakennustekniikan laitoksen rakennustuotannon ja -talouden yksikköön. Tutkimuksen ohjaajina ja tarkastajina toimivat tekniikan lisensiaatti Olli Teriö sekä professori Arto Saari Tampereen teknillisestä yliopistosta. Haluan kiittää kaikkia työmaalla sekä tutkimuksen teossa kanssani työskennelleitä. Erityiskiitos kuuluu Olli Teriölle, Timo ja Teuvo Mäenpäälle sekä perheelleni.

Tampereella, 20.12.2016

Jeremi Rekonen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Aihe ja tutkittava ongelma	1
1.2	Tavoite ja rajaukset	1
1.3	Työn rakenne	2
2.	TALVIRAKENTAMISEN RISKIT	4
2.1	Riski	4
2.1.1	Riskien luokittelu	4
2.1.2	Projektiriskit	5
2.1.3	Riskien tunnistamisen keinot	5
2.1.4	Riskien suuruus	5
2.1.5	Riskienhallinnan menetelmät	6
2.2	Talvirakentaminen	7
2.2.1	Talvirakentamisen työtekniisiä ominaispiirteitä	7
2.2.2	Talvirakentamisen laadunhallinta	9
2.2.3	Talvirakentamisen kustannusvaikutukset	9
2.2.4	Talvilisäkustannuksiin vaikuttaminen	12
2.2.5	Talvirakentamisen työturvallisuus	13
3.	TUTKIMUSMENETELMÄT JA TUTKIMUKSEN SUORITUS	15
3.1	Toimintatutkimus tutkimusmenetelmänä	15
3.2	Tutkimuksen kohde	16
3.3	Tutkimuksen suoritus	17
3.4	Tutkimuspäiväkirja ja valokuvat	18
3.5	Haastattelu	18
4.	TALVIRAKENTAMISEN ERITYISPIIRTEET	19
4.1	Talvirakentamisen työvaiheet	19
4.2	Talvityöhavainnot	29
4.3	Haastattelu	43
4.4	Kustannusseuranta	45
5.	TALVIRAKENTAMISEN KUSTANNUSTEN- JA LAADUNHALLINTA	49
5.1	Talvirakentamisen riskien tunnistaminen	49
5.2	Talvirakentamisen kustannusten hallinta	50
5.3	Talvirakentamisen laadunhallinta	51
5.4	Talvirakentamisen työturvallisuus	52
5.5	Yhteenveto	53
6.	TULOSTEN ANALYSOINTI	55
6.1	Talvirakentamisen kustannusten hallintatoimet	55
6.2	Tutkimuksen tarkastelu	55
6.3	Jatkotutkimusehdotukset	57
7.	POHDINTA	58
	LÄHTEET	59

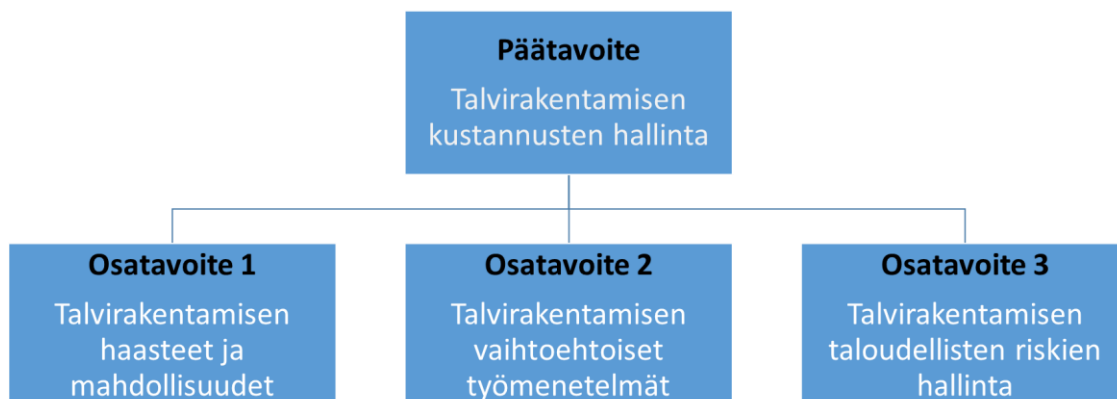
1. JOHDANTO

1.1 Aihe ja tutkittava ongelma

Talvirakentaminen tarjoaa rakennusliikkeen näkökulmasta sekä uhkia että mahdollisuuksia, toisin sanoen riskejä. Talvella resursseja on tyypillisesti paremmin saatavilla, joskin sääolot luovat omat haasteensa rakentamiseen. Rakennusliikkeen näkökulmasta on tärkeää saada ymmärrystä näistä riskeistä sekä niiden toteutumisesta. Kun talvirakentamisen riskejä ymmärretään, voidaan niiden kustannusvaikutuksiin varautua. Talvirakentaminen muodostaa rakennusliikkeelle merkittävän taloudellisen riskin. Rakennusliikkeille haasteita aiheuttaa edellä mainituille kustannusvarausten määrittäminen.

1.2 Tavoite ja rajaukset

Tämän työn tavoitteena on talvirakentamisen kustannusten hallinta. Jotta talvirakentamisen kustannuksia voidaan hallita, tulee ymmärtää mitkä ovat talvirakentamisen riskejä. Riskejä voidaan tunnistaa ja arvioida esimerkiksi pitämällä palavereita tai käyttämällä tarkistuslistoja. Talvirakentamisessa tyypillisesti riskeille altistuvia kohteita ovat ihmiset, rakennustarvikkeet ja -osat, koneet ja kalusto sekä rakennuksen rakenteet. Rakentamisessa riskejä voidaan hallita esimerkiksi poistamalla, pienentämällä tai hyväksymällä niitä. Riskin hyväksyttävyyteen vaikuttaa sen suuruus. Riskin suuruudella tarkoitetaan sen toteutumisen seurauksia ja todennäköisyyttä. Toisaalta talvirakentamisen kustannusten hallinnan kannalta on keskeistä ymmärtää talvirakentamiseen liittyvät työtekniset seikat. Talvella rakennettaessa joudutaan sulattamaan routaa ja pitämään valut lämpiminä. Lumisateet ja pakkasjaksot tuovat oman haasteensa rakentamiseen. Edellä mainituista seikoista muodostuu taloudellisia riskejä. Näiden taloudellisten riskin hallitsemiseksi talvirakentamisen yleiset riskit on tunnistettava. Tämän jälkeen on arvioitava niiden merkitys sekä hallittava niitä. Näistä muodostuvat tämän työn pää- ja osatavoitteet. Tavoitteet on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Tutkimuksen pää- ja osatavoitteet

Tämän tutkimuksen materiaali on kerätty toimintatutkimuksena Ivalossa talvella 2016. Tutkimuksen kohteena oli noin 1200 m² laajennustyö toimitilarakennuksessa. Tutkimusentekijä toimi kyseisen rakennustyömaan työmaainsinöörin tehtävissä ja oli päivittäin mukana työmaalla. Toimintatutkimuksen aineisto kirjattiin tutkimuspäiväkirjaan. Päiväkirjaan tehtiin havaintoja talvirakentamiseen liittyvistä laatusikoista, riskeistä, tehdyistä lisätöistä sekä kustannuksista. Päiväkirjan ohella havaitut riskit dokumentoitiin osittain myös valokuvin. Lisäksi aineistoa kerättiin haastattelemalla työmaalla työskennellyttä työtekniikkaa sekä yrityksen työpäällikköä.

Tämä tutkimus tarkastelee talvirakentamiseen liittyviä riskejä ensisijaisesti rakennusliikkeen näkökulmasta. Tutkimuksen tutkimusmenetelmän vuoksi tarkastelu painottuu työmaatoimintaan liittyviin riskeihin, joskin myös muita havaittuja riskejä käsitellään havaintojen mukaan. Toimintatutkimuksen kohteena olleen rakennustyömaan ominaisuuksista johtuen tutkimuksessa tehdyt havainnot painottuvat perustustyövaiheeseen. Kohteen ominaisuuksien seurauksena perinteisesti talvirakentamiseen liittyvään kosteuteen ja betonin kuivumiseen tutkimus ei ota kantaa.

1.3 Työn rakenne

Luvussa kaksi esitetään kirjallisuuskatsaus sekä käsitteestä riski, että talvirakentamisesta. Riskeistä käsitellään niiden luokittelua, suuruuden määrittämistä sekä niiden tunnistamista ja hallintaa. Kirjallisuuskatsauksessa tarkastellaan myös talvirakentamisen työtekniisiä ominaispiirteitä, laadunhallintaa, kustannusvaikutuksia sekä työturvallisuuteen liittyviä seikkoja. Kolmannessa luvussa on kuvattu käytetty tutkimusmenetelmä, tutkimuksen kohde sekä tapa, jolla tutkimus on suoritettu. Lisäksi on kerrottu havaintoja kerätyn aineiston sisällöstä sekä havainnollistettu niitä kuvin. Neljäs luku käsittelee tutkimuksen tuloksia. Luku paneutuu talvirakentamisen riskeihin sekä kustannusten- ja laadunhallintaan. Lisäksi luvussa käsitellään talvirakentamisen työturvallisuutta. Viidennessä luvussa

suoritetaan tutkimusten tulosten analysointi. Luvussa otetaan kantaa käytännön toimenpiteisiin talvirakentamisen kustannusten hallitsemiseksi. Lisäksi luvussa suoritetaan tutkimuksen tarkastelu sekä käsitellään jatkotutkimusehdotukset. Luvussa kuusi esitetään yhteenveto tutkimuksesta.

2. TALVIRAKENTAMISEN RISKIT

2.1 Riski

Riskillä tarkoitetaan sellaista toiminnan tai tapahtuman epävarmaa seurausta, mihin liittyy jotain, mitä ihminen arvostaa (IRGC 2005). Riskit voidaan jaotella puhtaisiin ja spekulatiivisiin riskeihin seuraustensa perusteella. Mikäli riskillä on ainoastaan negatiivisia seurauksia, on se puhdas riski. Mikäli riskillä voi olla myös positiivisia seurauksia, on se spekulatiivinen riski. (Waring & Glendon 1998.)

2.1.1 Riskien luokittelu

Riskien luokittelussa voidaan käyttää monia eri tapoja. Mahdollista on esimerkiksi jakaa ne luonnonriskeiksi, ympäristöriskeiksi ja ihmiskunnan riskeiksi. Luonnonriskien ensisijainen käynnistäjä on jokin luonnontapahtuma. Ympäristöriskit liittyvät ihmisen ja luonnon väliseen riippuvuuteen. Ihmiskunnan sisäiseen toimintaan liittyviä riskejä puolestaan kutsutaan ihmiskunnan riskeiksi. (Rissa 1999.)

Yritystoiminnan riskit on perinteisesti jaettu kahteen eri osa-alueeseen. Näitä ovat liiketaloudelliset riskit ja vahinkoriskit. Liiketaloudelliselle riskille on ominaista voiton tuottaminen, mikäli toiminta onnistuu odotusten mukaan. Vahinkoriskeihin ei liity voiton mahdollisuutta. (Berg 1994; Rissa 1999.)

Liiketaloudelliset riskit voidaan jakaa viiteen ryhmään. Näitä ovat tekniset riskit, sosiaaliset riskit, taloudelliset riskit, poliittiset riskit ja henkilöriskit. Tekninen riski liittyy tyypillisesti valmistettavan tuotteen laatuun. Sosiaaliset riskit liittyvät yrityksen sosiaalisten verkostojen asettamiin vaatimuksiin. Taloudelliset riskit ovat tyypillisesti luotto-, markkinointi tai rahoitusriskejä. Poliittisten riskien tyypillisin ilmenemismuoto ovat kauppajaoitteet ja sodat. Henkilöstöriskit liittyvät henkilöstön toimintaan, kuten irtisanoutumiseen tai ammattitaitoon. Vahinkoriskit puolestaan voidaan jakaa omaisuus-, tieto-, henkilö- ja toimintariskeihin. Omaisuusriskit ovat tyypillisesti tulipaloja, varkauksia, rikkoutumisia tai sabotaaseja. Omaisuusriskien kohteena voivat olla rakennukset tai koneet ja kalusto. Tietoriskit liittyvät esimerkiksi yrityksen tietotaitoon, asiakirjoihin tai arkistomateriaaliin. Henkilöriskit kohteena ovat työntekijät ja ne liittyvät työntekijän loukkaantumiseen tai sairastumiseen. Riskin aiheuttaja voi olla esimerkiksi vaarallinen kone tai kemikaalit. Toimintariskejä ovat esimerkiksi toimintavastuu, asiakkaan maksukyvyttömyys sekä riippuvuus asiakkaasta tai toimittajasta. (Berg 1994.)

2.1.2 Projektiriskit

Projektille on tyypillistä ainutlaatuisuus sekä tavoitteellisuus. Lisäksi projekti on resursseiltaan rajattu ja sillä on vastuullinen johto. Ainutlaatuisuutensa vuoksi projektit ovat erityisen riskialttiita hankkeita. Projektissa on osallisena todennäköisesti uusi työryhmä, uusi asiakas tai uusi tuote. Projektit voivat myös kilpailla keskenään yrityksen sisäisistä resursseista. (Vuori & Sauni 1998.)

Projekteihin liittyvistä uhkista ja mahdollisuuksista kommunikoitaessa yhtenä keskeisimmistä osaamisalueista voidaan pitää projektiriskien hallintaa. Hallinnan lähtökohtana voidaan pitää systemaattista analyysia projektin toteuttamisen riskeistä. Analyysi toimii perustana projektiriskien ymmärtämiselle sekä riskeihin varautumisille. (Teriö et al. 2010.)

2.1.3 Riskien tunnistamisen keinot

Riskien hallitsemista varten ne on tunnistettava (VTT 2015). Hyvänä lähtökohtana riskien tunnistamiseen voidaan pitää kriittistä ja ennakkoluulotonta asennetta. Karkeilla kartoitusmenetelmillä saadaan kokonaiskuva ja löydetään ne riskialueet, joita on syytä tutkia tarkemmilla menetelmillä. Karkeana kartoitusmenetelmänä voidaan pitää esimerkiksi haavoittuvuusanalyysiä. Tarkempaan kartoitukseen soveltuvat esimerkiksi asiantuntijapalvelut tai kokemuksien ja tilastotietojen kerääminen. Toisaalta erilaiset tarkistuslistat tai visuaaliset riskikartat voivat toimia hyvin riskien tunnistamisessa. (SRHY 2016.)

Riskien tunnistamiseksi ne tulee kohdistaa erillisiin toimintoihin ja kohteisiin. Tämän jälkeen voidaan suorittaa kullekin kohteelle oma riskianalyysinsä. Riskien tunnistaminen aloitetaan selvittämällä ja listaamalla toiminnasta sekä kohteista aiheutuvat riskit. Tämän jälkeen tulee selvittää tekijät kunkin riskin taustalla. Tällöin saadaan selville jo tunnistamisen aikana mahdolliset keinot riskien välttämiseksi tai vahinkojen pienentämiseksi. Tällaiseen selvitykseen voidaan käyttää apuna eräänlaisia riskipuita, joissa edetään eri toiminnoista riskin kohteisiin, tapahtuvaan vahinkoon ja viimeisenä riskin toteutumisen syyhyn. (Berg 1994.)

2.1.4 Riskien suuruus

Riskien suuruudella tarkoitetaan mahdollisen tapahtuman todennäköisyyttä ja tapahtuman seurausten suuruutta. Yleensä riskin suuruus määrittää jatkotoimenpiteiden toteuttamisjärjestyksen. Riskin suuruutta arvioitaessa voidaan käyttää apuna niin sanottua riskitaulukkoa. Riskin todennäköisyyttä arvioitaessa voidaan käyttää esimerkiksi asteikkoa epätodennäköinen, mahdollinen ja todennäköinen. Seurauksia voidaan arvioida asteikolla vähäinen, haitallinen ja merkittävä. Mikäli kyseessä on epätodennäköinen tapahtuma ja sen seuraukset ovat vähäiset, on kyseessä merkityksetön riski. Toisaalta todennäköinen tapahtuma, jolla on vakavat seuraukset, on sietämätön riski. (Rissa 1999.) Kuvassa 2 on esitetty periaate riskitaulukosta.

Tapahtuman todennäköisyys	Tapahtuman seuraukset		
	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen	1. Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski
Mahdollinen	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski
Todennäköinen	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

Kuva 2. Riskitaulukko (SRHY 2016)

Riskin suuruutta arvioitaessa tulee kiinnittää huomiota tapahtumien toistuvuuteen. Toisaalta kannattaa arvioida mitä voi tapahtua pahimmassa tapauksessa. Myös riskin laajuuteen tulee kiinnittää huomiota. Tällä tarkoitetaan sitä mihin kaikkeen vahinko voi vaikuttaa. Laajuudella tarkoitetaan myös vahingon välillisiä seurauksia. (SRHY 2016.)

Yritystoiminnassa riskien suuruutta arvioitaessa tulisi pyrkiä mittaamaan ne rahassa. Koneisiin, tarvikkeisiin ja laitteistoihin kohdistuvan riskin suuruuden määrittäminen rahassa suhteellisen yksinkertaista. Toisaalta esimerkiksi henkilöstöriskien suuruuden määrittäminen on hyvin haastavaa, etenkin avainhenkilöiden kohdalla. Tällöin tulisi pystyä määrittämään henkilön fyysinen ja henkinen suorituspääoma. (Berg 1994.)

2.1.5 Riskienhallinnan menetelmät

Riskien hallinnalla tarkoitetaan puhtaiden riskien poistamista, vähentämistä tai kontrollointia. Toisaalta sillä voidaan tarkoittaa spekulatiivisten riskien hyödyntämistä. Riskien hallinnalla pyritäänkin kasvattamaan hyödyn saavuttamisen todennäköisyyttä ja pienentämään tappioiden todennäköisyyttä. (Waring & Glendon 1998.) Riskienhallinnan tavoitteena on minimoida tunnistetuista riskeistä aiheutuvat menetykset (Berg 1994).

Riskienhallinnan menetelmistä tunnistetaan erillisinä järjestelmällinen riskienhallinta ja riskien hallinnan prosessi. Järjestelmällisessä riskienhallinnassa riskienhallinta toteutetaan järjestelmällä, missä on määriteltynä riskienhallintapolitiikka, riskienhallinnan organisointi, käyttöönotto, mittaaminen, tarkkailu sekä raportointi. Tarkoituksena on luoda siis järjestelmä, joka hallitsee riskejä. Riskienhallinnan prosessissa uhkat tunnistetaan ja analysoidaan. Tämän jälkeen laaditaan riskistrategia ja toteutetaan se. (Waring & Glendon 1998.)

Riskejä voidaan hallita erilaisin strategisoin keinoin. Riskinottoa voidaan välttää. Toisaalta niitä voidaan pienentää, siirtää tai niihin voidaan varautua. Lisäksi mahdollisia vahinkoja voidaan pienentää, toimintaa rajoittaa tai jakaa riskejä. Riski voidaan myös hyväksyä. (Berg 1994; Waring & Glendon 1998; Rissa 1999.) On kuitenkin huomioitava, että näistä keinoista riskin siirtäminen on ainoa toimenpide, millä jokin riski voidaan poistaa kokonaan.

Riskienhallinta käytännössä tarkoittaa riskien kontrolloimista erilaisin keinoin. Keinoina voivat toimia muutokset tekniikassa, järjestelyissä, menetelmissä, käyttäytymisessä tai henkilökohtaisessa suojautumisessa. (Waring & Glendon 1998.) Käytännön toimenpiteitä riskien hallitsemiseksi voivat olla myös vakuuttaminen tai varautuminen. Varautumisella tarkoitetaan käytännössä erilaisia toimintasuunnitelmia. (Berg 1994.)

Yritystoiminnan riskienhallinta on vapaaehtoista ja se perustuukin kannattavuuteen ja hyödyllisyyteen. Yritystoiminnassa riskienhallinnan lähtökohtana on ammattimainen toiminta. Riskienhallinta on yrityksen johdon vastuulla, mutta sen toteuttamiseen vaaditaan koko henkilöstön sitoutuminen. Riskienhallinta on osa jokapäiväistä työtä. (SRHY 2016.)

2.2 Talvirakentaminen

Talvella tarkoitetaan sitä aikaa vuodesta, jolloin vuorokauden keskilämpötila on alle nolla. Talviolosuhteet koskevat noin puolta vuotuisesta rakennusajasta. (Talvirakentaminen 1981; Talvirakentaminen, 1990.) Tilastojen avulla voidaan alustavasti ennakoida talviolosuhteita rakentamisessa, joskin paikallisesti sääolosuhteet voivat poiketa paljonkin tilastoista (Palomäki 2010). Talvella sää vaikuttaa lisätyön määrän merkittävästi. Lisäksi sen vaikutusta työn määrään on vaikea arvioida. (Talvirakentaminen 1990.)

Talvirakentamiselle tyypillisiä tekijöitä ovat kesäkautta suuremmat työmenekit sekä rakennusmateriaalien suurempi kulutus. Edellä mainitun lisäksi sekä energiankulutus että kaluston tarve ovat suuremmat kuin kesällä. Talvirakentamisen tuomaa lisätyötä voidaan kompensoida tuomalla lisäresursseja työmaalle tai lisäämällä rakennusaikaa. Hyvällä työsuunnittelulla on kuitenkin mahdollista kompensoida talvirakentamisesta aiheutuvia lisätöitä. (Koskenvesa 1999; Talvirakentaminen 1990; Palomäki 2010.)

2.2.1 Talvirakentamisen työtekniisiä ominaispiirteitä

Talvella perustustöitä tehtäessä on kiinnitettävä erityisesti huomiota rakennuksen perustamiseen sulaan maapohjaan. Maapohjan tulee olla sulaa perustustason alapuolella perustusta tehtäessä tai asennettaessa. Mikäli maa-aines rakennuksen paikalla on päässyt jo jäätymään, tulee se sulattaa esimerkiksi lämpömatoin, lämmityslangoin tai infrapunasäteilijöiden avulla. Maan sulattaminen on lähtökohtaisesti kallista ja aikaa vievää. Tämän vuoksi maapohja on kustannustehokasta pitää sulana, kun se on kerran sulatettu. Perustusmonttuja kaivettaessa on järkevää suorittaa kaivuutyöt vähissä erissä. Tällöin maan oma lämpö pitää sen sulana, kunnes perustustyöt on tehty. Elementtianturoiden asennukset ovat tyypillinen esimerkki talvirakentamisen tiiviistä työrytmistä. Kaikki työvaiheet on suoritettava saman työvuoron aikana. (Talvirakentaminen 1990.) Edelleen täyttötöyt on suoritettava sulalla maa-aineksella sulaan maapohjaan. Talvityönä täyttöjä tehtäessä tiivistettäviä kerrospaksuuksia ohennetaan 30-60%, jolloin työmäärä kasvaa vastaavasti. Talvityönä tehtäessä pohjarakennusvaihe onkin yksi hankalimmista talvirakentamisen

työvaiheista. (Talvirakentaminen 1981.) Oleellista talvirakentamisen perustustöitä tehtäessä on työvaiheiden yhteensovittaminen (Talvirakentaminen, 1990).

Betonointitöitä talvella suoritettaessa tulee kiinnittää erityistä huomiota betonin lujuudenkehitykseen. Betonin lujuudenkehitystä arvioidaan lämpöastevuorokausin. Betonin tulee saavuttaa vähintään 5 MPa:n lujuus ennen kuin se kestää jäätymisen. Lisäksi betonin lujuudenkehityksen seuranta on tärkeää muottien purkulujuuden saavutusajankohdan määrittämiseksi. Useimmiten on järkevää käyttää lujuudenkehitykseltään nopeaa betonilaatua ja pitää valu lyhyen aikaa korkeassa lämpötilassa. Tällöin saadaan betonille riittävä lujuus lyhyessä ajassa. Betonoitavien pintojen tulee olla lumesta ja jäästä puhdistettuja sekä sulatettuja. Betonoitavat kohteet voidaan suojata pakkaselta esimerkiksi lämmitysmatoin, lankalämmityksin, eristematoin tai infrapunalämmittimin. (Talvirakentaminen 1990.)

Betonielementtiasennuksia suoritettaessa on asennukset tehtävä puhtaille pinnoille. Pääosa lumesta puhdistetaan mekaanisesti ja loput sulatetaan. Sulatukseen voi käyttää esimerkiksi kaasuliekkiiä tai kuumailmaa. Elementtien liittäminen toisiinsa suoritetaan pulttiliitoksin, hitsaamalla tai betonilla saumaamalla. Talviolosuhteissa terästä taivutettaessa tai hitsattaessa se tulee esilämmittää. Talvisaumauksia tehtäessä tulee kiinnittää erityistä huomiota betonin jäätymislujuuden saavuttamiseen. Kun lämpötila laskee alle nollan, voi olla järkevää käyttää pakkasbetonia. Pakkasbetoni jatkaa lujuudenkehitystään vielä -15 °C lämpötilassa. Pakkasbetoni on kuitenkin normaalibetonia kalliimpaa, joten sen käytön järkevyyttä tulee arvioida tapauskohtaisesti. Pakkasbetonin lujuudenkehitystä on seurattava kuten normaalinkin betonin. Pakkasbetonia käytettäessä työvaiheet vastaavat talvibetonointia. (Talvirakentaminen 1990.)

Rakennuksen sisävalmistusvaiheessa talvella eroaa kesästä. Rakennuksen kuivaaminen on keskeisin ero. Rakenteet tulee saada riittävän kuiviksi, jotta pinnoitustyöt voidaan aloittaa. Betonilaadulla voidaan vaikuttaa rakenteen kuivatustarpeeseen. Betonointitöitä tehtäessä on järkevää valita käyttötarkoitus huomioiden mahdollisimman jäykkä sekä isorakeinen massa. Talvella rakenteiden kuivaamiseen käytetään apuna lämmityskalustoa. Lämmityskalustoa mitoitettaessa tulee ottaa huomioon rakennuksen koko ja selvittää tarvittava lämpötila. Kuivaamisen kannalta tehokkainta on luoda rakennukseen olosuhteet, joissa lämpötila on mahdollisimman korkea ja ilman kosteuspitoisuus alle 50 prosenttia. Kustannustehokkainta on lämmittää rakennusta mahdollisimman varhain rakennuksen varsinaisella lämmitysjärjestelmällä. Ennen lämmityksen aloittamista tulee varmistaa, että aukot on suljettu tai lämmitettävä alue muuten osastoitu. Ilman suhteellista kosteutta tulee seurata mittauksin. Heikosti tuulettuvissa tiloissa tulee käyttää ilmankuivainta. Ikkuna- ja muiden aukkojen sulkeminen on järkevää suorittaa lopullisilla rakenteilla mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Aukkojen tiiviillä sulkemisella saavutetaan merkittäviä kustannussäästöjä lämmityksessä. (Talvirakentaminen 1990.)

2.2.2 Talvirakentamisen laadunhallinta

Talvirakentaminen asettaa rakentamisen laadunhallinnalle haasteita. Työmaan laatusuunnitelmaa laadittaessa tulee ottaa huomioon hankkeen toteutusajankohta. Jotkin rakennusmateriaalit vaativat tietyn käyttölämpötilan, jotta lopputulos on riittävän laadukas. (Palo-mäki 2010.)

Tuotantomenetelmät, työnsuunnittelu ja häiriöihin varautuminen ovat erityisesti talvirakentamisen laadunhallinnan kannalta tärkeitä. Näillä ohjataan talven vaikutusta työhön työmaan aikana. Laatu syntyy siis talvirakentamisessakin hyvän suunnittelun, oikeiden toteutustapojen ja huolellisen laadunvarmistuksen kautta. (Koskenvesa 1999.)

Talvirakentamisen laadunhallinnan kannalta keskeisiä suunnitelmia ovat varastointi-, sähkö- ja valaistussuunnitelma sekä työmenetelmäsuunnitelmat. Varastointisuunnitelman laatimisella ja noudattamisella rakentamisessa käytettävät materiaalit säilyvät käyttökelpoisina asentamiseensa saakka. Valaistussuunnitelmalla on tärkeä työturvallisuuden kannalta. Lisäksi laadukas valaistus on tarpeellinen riittävän laadukkaan työn lopputuloksen takaamiseksi. Työmenetelmäsuunnitelmista talvella keskeisimpiä laadunhallinnan kannalta ovat routasuojauksesta, betonielementtitöistä, betonoinnista ja rungon kuivauksesta laadittavat suunnitelmat. Työmenetelmäsuunnitelmista ilmenevät työn suorittamiseksi tehtävät toimenpiteet, tavoitteet, tekijät ja valvojat. (Talvirakentaminen 1990.)

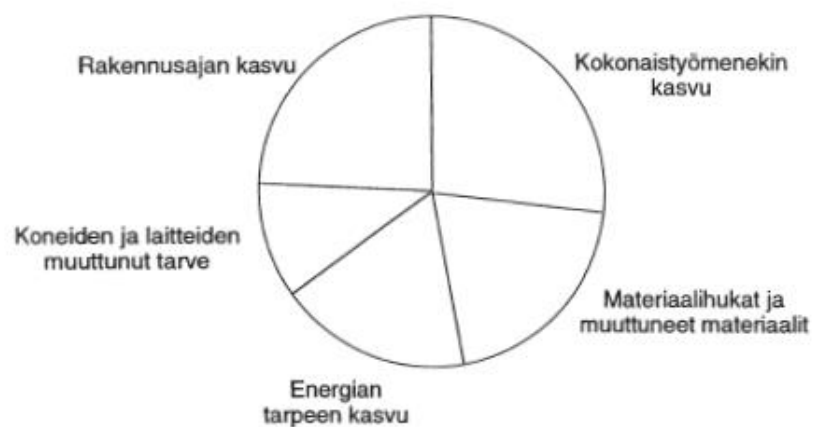
2.2.3 Talvirakentamisen kustannusvaikutukset

Talvella rakentamisesta aiheutuvat rakennusteknisten töiden kustannusvaikutukset ovat täyselementtejä käytettäessä 4,8-5,0 % ja osaelementtejä käytettäessä 6,3-6,7 % rakennusteknisistä kustannuksista. Talvi vaikuttaa rakennustyön eri vaiheisiin eri tavoin. Suurin kustannusvaikutus talvella on perustustyövaiheeseen. (Talvirakentaminen 1990.) Kuvassa 3 on esitetty talvirakentamisen lisätyöt kustannuslajeittain rakennustyön eri vaiheissa.

Kustannuslajit	Rakennusvaiheiden lisäkustannukset (%)		
	Perustustyövaihe	Runkotyövaihe	Sisävalmistusvaihe
Työmenekkilisä	2,6...2,9	0,6...0,7	–
Materiaalilisä	1,7...3,7	0,6...1,9	–
Energialisä	0,9...1,0	1,2...1,4	2,8...3,2
Kone- ja kalustolisä	1,8...2,2	1,2...1,4	0,1...0,2
Talvilisätyöt	1,6...1,8	0,7...0,9	0,2...0,4
Aikakustannuslisä	2,0...2,2	1,0...1,2	–
Yhteensä	13...15	5,5...7,5	3,3...3,7

Kuva 3. Talvirakentamisen kustannusvaikutukset kustannuslajeittain eri työvaiheissa (Talvirakentaminen 1990.)

Talvirakentamisen aiheuttamien lisäkustannusten määrän on todettu olevan riippuvaisia rakennustyön aloitusajankohdasta. Talvirakentamisessa lisäkustannuksia aiheuttavat kokonaistyömenekin ja rakennusajan kasvu. Lisäksi kaluston, koneiden ja materiaalien muuttunut tarve sekä kasvanut energiankulutus aiheuttavat lisäkustannuksia. (Koskenvesa 1999.) Kuvassa 4 on esitetty talvikustannukset muodostavat tekijät.



Kuva 4. Talvikustannusten tekijät (Saarikivi & Kankainen 1989)

Talvirakentamisessa kokonaistyömenekin määrän kasvu koostuu työvaiheiden talvityöhaitoista ja -lisistä, talven aiheuttamista lisätöistä, tuotantokatkosten lisääntymisestä sekä työnaikaisten asennusten hidastumisesta. Talvityöhaitoilla tarkoitetaan talven sää- ja valaistusolosuhteiden työtä hidastavaa vaikutusta. Näitä ovat esimerkiksi lämpötila, lumisateet sekä lumi ja jää. Talvityölisillä tarkoitetaan talvella työvaiheen tekniseen suorittamiseen vaadittavia lisätöitä. Näitä ovat esimerkiksi talvibetonoinnin lämmitysten asennukset ja suojaukset. Talven aiheuttamia lisätöitä ovat muista töistä erillisinä tehdyt lämmitys-, sulatus- ja suojaustyöt. Talvella työskenneltäessä myös tuotantokatkosten määrä

kasvaa. Tämä johtuu koneiden ja laitteiden rikkoontumisesta pakkasen vaikutuksesta. (Koskenvesa 1999.)

Talvirakentamisen myötä materiaalikustannukset muuttuvat. Talvirakentamisessakin materiaalikustannukset muodostuvat määrä-, laatu- ja hintakomponenteista. Materiaalien määräkomponentti on talvityössä kesää suurempi. Tämä aiheutuu rikkoontuvista ja katoavista tarvikkeista sekä pilaantuvasta rakennusmateriaalista. Talvella tarvittavaa materiaalmäärää lisää myös kesää suurempi suojausmateriaalin tarve. Toisaalta talvella rakennettaessa voidaan saavuttaa säästöjä materiaalikustannusten hintakomponentissa. Talvella hinnat voivat olla kesää alempia. Materiaalikustannuksia talvella lisäävät tyypillisesti myös materiaalien laatuvaatimukset. Talvella työskenneltäessä joudutaan käyttämään esimerkiksi talvi- tai kuumabetonia. (Koski 1995.)

Energian tarve on talvirakentamisessa merkittävästi kesää suurempi. Energian kulutus on voimakkaasti riippuvainen lämpötilasta sekä rakennuksen työvaiheesta. Talvesta johtuva lisäenergian tarve rakennustyössä on suuruudeltaan merkittävä. (Koskenvesa 1999.) Esimerkiksi roudansulattaminen ja sulana pitäminen vaatii suuret määrät energiaa. Lisäksi rakennuksen kuivattaminen ja lämmitys talvella lisäävät energiankulutusta. (Talvirakentaminen 1990.) Kuvassa 5 on esitetty ne syyt, jotka aiheuttavat talvirakentamisen kesää suuremman energiakulutuksen.

Rakennusvaihe	Lisäenergiatarve
Maarakennusvaihe	Maapohjan sulattaminen ja sulanapito
Perustus- ja runkovaie	Materiaalien, rakenteiden ja rakennusosien lämmitys- ja kuivatustoimet Valualustojen ja muottipintojen sulatus ja lämmitys
Sisävalmistusvaihe	Rakennuksen lämmitys ja kuivatus
Koko rakennusaika	Sosiaali- ja työmaatilojen lämmitys ja lisävalaistus

Kuva 5. Lisääntyneen energiankulutuksen syyt eri rakennusvaiheissa (Koskenvesa 1999.)

Koneiden ja kaluston muuttunut tarve aiheuttaa talvirakentamisessa lisäkustannuksia. Talvella tarvitaan erityisesti talvityöhön suunniteltua kalustoa, kuten roudansulatuslaitteisto ja lämmityslaitteisto. Toisaalta lisäkustannuksia voi aiheuttaa maarakennustöissä roudan takia tarvittava tehokkaampi kaivuukalusto. (Koskenvesa 1999.)

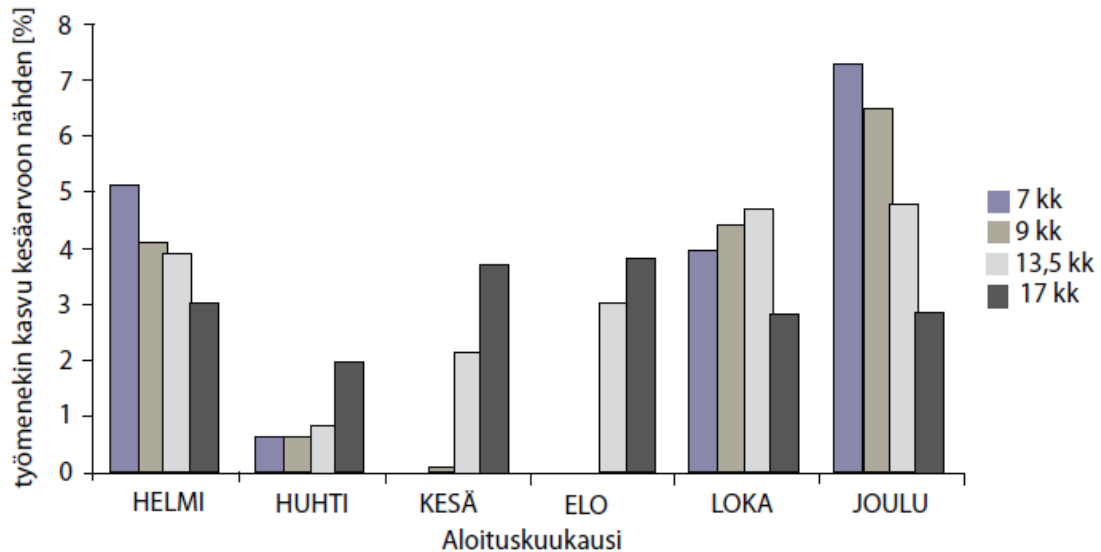
Talvella rakentaminen kasvattaa rakennusaikaa. Keskeytyksiä varsinaiseen rakennustyöhön syntyy talvilisätöistä ja tämän lisäksi arkipyhät sekä pakkaspäivät pidentävät rakennusaikaa. Lisäksi materiaalit ja pinnoitteet voivat vaatia riittävän hyvät olosuhteet, jotta

määrätyt laatuvaatimukset saavutetaan. Tyypillisiä esimerkkejä ovat betoni, laasti ja maali. Myös koneiden ja kaluston käyttö voi estyä pakkasen vuoksi. Kasvanutta työmenekkiä sekä menetettyjä työpäiviä voidaan pyrkiä kompensoimaan työryhmiä kasvattamalla. (Palomäki 2010.)

2.2.4 Talvilisäkustannuksiin vaikuttaminen

Talvirakentamisen lisäkustannuksiin on mahdollista vaikuttaa hankkeen ajoittamisella, käytettävällä tuotantotekniikalla sekä hankkeen sisäisellä ajoituksella. Suurimmat säästöt saavutetaan, kun ajoitetaan ne työvaiheet pois talvelta, joihin sen olosuhteilla on suurin vaikutus. Lisäksi talvella pyritään käyttämään niitä työmenetelmiä, joiden työmenekkiin talvella on mahdollisimman pieni vaikutus. Työmaalla talvilisäkustannuksiin voidaan ensisijaisesti vaikuttaa materiaalien varastoisella sekä suojauksen parantamisella. Tällöin saavutetaan kustannussäästöjä materiaalin- ja lämmönhukassa. (Palomäki 2010.)

Talvilisäkustannusten suuruuteen vaikuttaa rakennushankkeen ajoitus. Erityisesti pienissä hankkeissa ajoituksella on suuri merkitys. Hankkeen aloituksen siirtämistä kannattaa harkita, mikäli se on suunniteltu aloitettavaksi keskitalvella. (Talvirakentaminen 1990; Palomäki 2010.) Tyypillisesti talvilisäkustannusten osuus on pienissä hankkeissa suurempi kuin isoissa. Isoissa, yli kahdeksan kuukautta kestävässä hankkeissa talvilisäkustannuksia syntyy väistämättä. Yhteistä isojen ja pienien hankkeiden ajoituksen optimoimisessa on sijoittaa talvilisäkustannusten kannalta kriittiset työvaiheet niin, ettei niistä synny talvilisäkustannuksia. (Palomäki 2010.) Kuvassa 6 on esitetty laajuudeltaan erikokoisten kohteiden työmenekin vaihtelu kesäarvoon nähden.



Kuva 6. Työmenekin vaihtelu kesäarvoon nähden prosentteina (Saarikivi & Kankainen 1989)

Tuotantotekniikalla ja suunnitelmaratkaisuilla on oleellinen vaikutus talvirakennuskustannuksiin. Talven kustannuksia lisäävää vaikutusta saadaan pienennettyä siirtymällä esivalmistusasteeltaan korkeampaan tuotantotekniikkaan. Suunnitelmaratkaisujen osalta talvikustannuksia voidaan hallita käyttämällä talvelle vähemmän alttiita materiaaleja ja rakenneratkaisuja. Hankkeen sisällä voidaan talvikustannuksia pienentää siirtämällä talvelle alttiita työvaiheita kesäkuukausille, mikäli muut työvaiheet eivät edellytä aiempaa suoritusajankohtaa. (Palomäki 2010.) Esimerkkeinä tällaisista työvaiheista ovat elementtien saumat ja toisaalta laattojen hiertopinnan korvaaminen myöhemmällä pintabetonoinnilla (Talvirakentaminen 1990).

Lumen ja jään poistamisessa tulee käyttää ensisijaisesti mekaanisia menetelmiä. Mekaaniset menetelmät ovat sulattamista kustannustehokkaampia. Myös sääsuojauksella voidaan saavuttaa kustannussäästöjä. Sääsuojauksen tarve kannattaa selvittää kohdekohtaisesti. Laajoissa halleissa sääsuojauksen kustannuksia ei saada takaisin Lohkotuissa suuren käyttöasteen työmaissa voidaan saavuttaa suuriakin säästöjä. Erityisesti työn mielekkyyden ja työtehon kannalta sääsuojaus on suositeltava ratkaisu. (Palomäki 2010.)

2.2.5 Talvirakentamisen työturvallisuus

Talvirakentamisen työturvallisuuden kannalta keskeistä on ennakkosuunnittelu. Ennakkosuunnittelussa tulee erityisesti huomioida lumenpoisto työtasoilta ja kulkuväyliltä, talviolosuhteiden vaikutus putoamissuojaukseen sekä rakennuksen lämmitys. Lisäksi tulee kiinnittää huomiota nostoapuvälineiden käyttörajoituksiin, betonointi- ja asennussuunnitelmiin sekä pakkasrajan asettamiseen. Telineitä ja varastoalueita perustettaessa tulee ot-

taa huomioon roudan sulamisesta johtuvat maan liikkeet. (Talvirakentaminen 1981.) Työturvallisuuden kannalta on raudoitteiden tekopaikoissa, sirkkeleiden luona ja muissa pitkäaikaisissa työkohteissa järkevää käyttää sääsuojaa (Palomäki 2010).

Talvella rakennuksen lämmittämiseen käytettävät lämmityslaitteet luovat ilmaan epäpuhtauksia, jotka voivat olla terveydelle vaarallisia. Liian suuria haitta-ainepitoisuuksia epäiltäessä tulee niitä seurata mittauksin ja tarvittaessa ryhtyä toimenpiteisiin. Toinen lämmityslaitteiden luoma uhkatekijä terveydelle ovat tulipalot. Lämmityslaitteiden lisäksi talvirakentamisessa paloalttiita laitteita ovat sulattamiseen käytettävät nestekaasulaitteet sekä betonoinnissa käytettävät lanka- ja muottilämmitykset. Tulipalojen välttämiseksi tulee välttää palokuormaa kyseisen kaluston lähettyvillä sekä pitää kalusto kunnossa. (Talvirakentaminen 1981.)

Suomessa talvelle on tyypillistä kylmä sää. Kylmä sää vaikuttaa sekä työskentelymukavuuteen että työn laatuun. Toisaalta kylmä sää voi estää tai haitata töitä teknisistä syistä. Näitä voivat olla betonin lujuudenkehitys tai jonkin koneen pakkasenkesto. (Talvirakentaminen 1981.) Lisäksi työturvallisuuslaki velvoittaa työnantajan takaaman työntekijälle kunnolliset työskentelyolosuhteet (Palomäki 2010). Tämän vuoksi talvirakentamisessa käytetään käsitettä pakkasraja, jonka ylittyttyä työmaan toiminta pysäytetään. Talvelle tyypillinen työturvallisuuteen vaikuttava tekijä on valaistus. Valaistuksessa on kiinnitettävä huomiota laadukkaaseen yleis- ja paikallisvalaistukseen. Valaistuksen tulee olla riittävän kirkasta turvalliseen työskentelyyn. Toisaalta se ei saa aiheuttaa häikäisyä ja täten riskiä tapaturmille. (Koskenvesa 1999; Talvirakentaminen 1981)

3. TUTKIMUSMENETELMÄT JA TUTKIMUKSEN SUORITUS

3.1 Toimintatutkimus tutkimusmenetelmänä

Toimintatutkimus on kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä, joskin siinä voidaan hyödyntää myös kvantitatiivisia menetelmiä (Tappura 2009). Sille on ominaista tutkimuksen tekijän toimiminen osana tutkimuksen kohdetta (Suojanen 2014). Toimintatutkimuksen tavoitteena on käytännön toiminnan ja teoreettisen tutkinnan vuorovaikutus (Suojanen 2014; Linturi 2016). Toimintatutkimuksella tarkoitetaan tapaa lähestyä tutkimuskohdetta, eikä sille ole olemassa yleisesti hyväksyttyä määritelmää (Suojanen 2014).

Toimintatutkimus etsii ratkaisuja organisaatioiden konkreettisiin toiminnallisiin ongelmiin. Toisena toimintatutkimuksen ydinpiirteenä voidaan pitää sen etenemistä syklisesti ongelmien tunnistamisesta toiminnan suunnitteluun, toimintaan ja tulosten arviointiin. Lisäksi toimintatutkimus muuttaa osallistujien käyttäytymistä ja ajattelutapoja sekä kyseenalaistaa olemassa olevien asioiden tilan. Toimintatutkimuksen onkin tarkoitus edistää tutkimuksen kohteena olevien asioiden teoreettista ja käytännöllistä hallintaa. (Suojanen 2014.)

Toimintatutkimuksen luotettavuuden ja hyödynnettävyyden vuoksi sen raportoinnin tulee sisältää taustatiedot osallistujista sekä kehitettävästä ilmiöstä. Lähtökohdat, koetut ongelmat ja kehitystavoitteet sekä tutkimuksen kulku tulee ilmetä raportista. Tutkimusaineisto, sen kokoaminen, analysointi sekä siitä tehdyt johtopäätökset tulee tuoda esille raportissa. Lisäksi raporttiin tulee sisällyttää tutkimuksen teoreettista pohdintaa. (Suojanen 2014.)

Toimintatutkimus on aina jossain määrin subjektiivista. Tutkimustuloksia ei voida toistaa eikä suoraan yleistää johonkin toiseen tilanteeseen. Toimintatutkimuksen tekijä toimii osana ryhmää ja siten vaikuttaa tutkimuksen kulkuun. Toimintatutkimus ei siis ole tekijästä riippumaton. (Suojanen 2014.) Toimintatutkimuksen tekijän tulee kuitenkin asettua tutkijan rooliin. Huomattava on, ettei tutkija saa dominoida tutkittavaa kohdetta. Tutkija ja tutkittavat ovat usein yhteistyökumppaneita. (Tappura 2009.)

Koska toimintatutkimuksen tuloksia ei voida osoittaa toistamalla, tulee se validoida muilla tavoin. Toimintatutkimuksen tulee olla historiallisesti jatkuva, eli sen tulee sijoittua tiettyyn yhteyteen. Toimintatutkimuksen on myös oltava sidosryhmien näkökulmasta toimiva ja käytännönläheinen. Tutkimuksesta laadittavan raportin on havahdutettava vaihtoehtoiseen ajattelu- ja toimintatapaan. (Heikkinen et al. 2007)

3.4 Tutkimuspäiväkirja ja valokuvat

Tutkimuspäiväkirjaan tehtiin havaintoja talvirakentamiseen liittyneistä laatusiekoista, havaituista riskeistä, tehdyistä talvitöistä sekä edellä mainittujen kustannuksista. Lisäksi tutkimuspäiväkirjaan merkittiin sääolosuhteet päiväkohtaisesti. Kertyneet kustannukset ja työmenekit vietiin Excel-taulukoon päiväkohtaisesti. Työmaalla tehty talvitöihin liittyneet havainnot dokumentoitiin mahdollisuuksien mukaan myös kuvin. Sairaus- ja lomapoissaolopäiviltä tutkimuksentekijä pyysi sanallisen arvion työmaan muulta johtohenkilöstöltä edellä mainituista seikoista. Poissaoloja kertyi tutkimuksen teon aikana 10 päivää.

3.5 Haastattelu

Toimintatutkimusta tukevana osana haastateltiin yrityksen työpäällikköä Timo Mäenpäää sekä työmaalla työskennellyttä työteknikkoa Teuvo Mäenpäää. Haastattelun suorittajana toimi tutkimuksen tekijä. Haastattelu tehtiin talvirakentamisen työmenetelmiin, riskeihin ja kustannusvaikutuksiin työmaaolosuhteissa kohdistuvana teemahaastatteluna 10.10.2016. Haastattelu dokumentoitiin nauhoittamalla.

4. TALVIRAKENTAMISEN ERITYISPIIRTEET

4.1 Talvirakentamisen työvaiheet

Laajennus perustettiin betonianturoin yhden metrin syvyyteen. Betonianturoiden alla ollut perusmaa sulatettiin ja alle tehtiin keskimäärin metrin paksuinen murskekerros. Murskekerros tiivistettiin 25cm erissä ja sen reunat luiskattiin kaltevuuteen 1:1,5. Anturoiden vierustäyttö suoritettiin perusmaalla. Routasuojamattomalla alueella ollut, liikenneympyrää lähinnä sijaitsevan katoksen pilarin perustus vietiin kahden metrin syvyyteen. Lisäksi pääsisäänkäynnin katoksen kaksi anturaa perustettiin 1,6 metrin syvyyteen. Kolme anturaa valettiin paikallavaluna, niiden sijaitessa kiinni vanhassa rakenteessa. Kaikkiaan talvityönä rakennettiin 32 anturaa, joista 29 oli valmiita anturaelementtejä. Lisäksi perustustyövaiheessa valettiin hissikuilun pohjalaatta sekä kaupan väliaikaisen sisäänkäynnin laatta. Muita talvella tehtyjä maarakennustöitä olivat viemäreiden ja katon sadevesiputkistojen kaivuutyöt. Lisäksi rakennuspohjalle suoritettiin noin 700 kiintokuution massanvaihto, vanhan rakennuksen pintamaiden sijaitessa rakennuspohjan alla. Kuvassa 9 on esitetty anturoita asennettuna moduulilinjalla D, eli uuden julkisivun etuseinustalla.



Kuva 9. Laajennuksen etuseinustalla sijaitseva anturalinja. Anturoiden asennuksen yhteydessä asennettiin niiden vieressä kulkeva sadevesilinjasto. Kuvassa takimmaisena näkyvä kuoppa on muita syvemmälle perustettu katoksen antura.

Laajennuksen pääosassa runko koostui betonipilareista, puupalkeista sekä kantavista pölmupelleistä. Betonipilarit nostettiin anturoissa sijaitsevien peruspulttien varaan ja säädettiin muttereiden avulla haluttuun korkoon. Liitos viimeisteltiin juotosvalulla, joka toimii myös teräsosien suojabetonointina. Kuvassa 10 on esitetty valmis betonipilarin tyvivalu.



Kuva 10. Betonipilarin valmis tyvivalu. Tyvivalujen suorittamista varten rakennettiin XPS:stä koppeja, joiden sisään sijoitettiin pienet rakennuspuhaltimet lämmittämään liitoskohta. Kun liitoskohta oli riittävän lämmin, betonoitiin se talvijuotosbetonilla.

Rakennuksen kantavaa puupalkistoa varten betonipilareiden päähän sijoitettuihin tartuntalevyihin hitsattiin asennushaarukat. Asennushaarukat toimitettiin työmaalle konepajaosina. Kantavat liimapuupalkit nostettiin paikalleen ja kiinnitettiin asennushaarukoihin. Vastaavasti ilmanvaihtokonehuoneen runko kasattiin työmaalla tehdyillä hitsausliitoksilla. Sokkelielementit nosteltiin anturoiden päälle ja kiinnitettiin betonipilareissa sijaitseviin tartuntalätkiin hitsausliitoksien. Kuvassa 11 on esitetty rakennuksen kantava runko. Rakennukseen tuleva hissikuilu rakennettiin elementtirakenteisena. Hissikuiluelementit liitettiin toisiinsa saumavaluilla ja -teräksillä. Kuvassa 12 on esitetty hissikuilu pystytysvaiheessa.



Kuva 11. Laajennuksen kantava runko. Betonipilarit ovat nostettuna anturoiden päälle. Liimapuupalkit on kiinnitetty betonipilareihin teräksisten asennushaarukoiden avulla. Osa sokkelielementeistä on vielä asentamatta autonosturin kulkureitin ylläpitämiseksi.



Kuva 12. Hissikuilu pystytysvaiheessa. Taustalla näkyy vanhan rakennuksen seinustaa avattuna. Väliaikaisen suojaseinän eristeenä käytettiin maanvaraisen lattian EPS-eristeitä. Hissikuilun saumavaluihin asennettiin lämmityslangat ja saumat valettiin talvijuotosbetonilla.

Ulkoseinät rakennettiin pelti-villa-pelti elementeistä, jotka asennettiin sokkelin päälle. Elementit kiinnitettiin rakennuksen runkoon, eli betoni- ja teräspilareihin. Koska elementtiseinät nousevat osittain vesikaton yläpuolelle, kiinnitettiin niitä varten liimapuu-palkkeihin teräksiset jatkopilarit. Vanhan rakennuksen purettavan ulkoseinän ylälaitaan asennettiin myös yhdet pelti-villa-pelti elementit lämpö- ja ilmatiiviin liitoksen saamiseksi. Kuvassa 13 on esitetty pelti-villa-pelti elementtejä asennettuna.



Kuva 13. Laajennuksen etuseinusta, kun valtaosa pelti-villa-pelti elementeistä on asennettu. Elementtien paljaat villapinnat on suojattu pystypinnoissa muovikennolevyllä. Vaakapinnoissa suojaus on toteutettu rakennusmuovin ja puutavaran avulla. Ikkuna-aukkojen väliaikaiseen suojaamiseen on käytetty maanvaraisen lattian EPS-eristeitä.

Rakennuksen katto on mineraalivillasta koostuva pakettikatto. Katon kantavana rakenteena toimii liimapuupalkistoon tukeutuva poimupelti. Poimupellin päälle tulevan ensimmäisen villakerroksen varaan asennettiin höyrynsulkuhuopa. Kuvassa 14 on esitetty poimupelti, ensimmäinen villakerros sekä höyrynsulkuhuopa. Höyrynsulun päälle asennettiin seuraavat kolme villakerrosta. Nämä koostuivat peruseristyskerroksesta, urituksen sisältävästä paineentasauserroksesta sekä kovemmasta pintakerroksesta. Kuvassa 15 on esitetty katon viimeiset kolme villakerrosta. Vastakaadot rakennettiin paikasta riippuen joko villasta leikkaamalla tai kevytsorasta tasaamalla. Rakenteen kiinnitys hoidettiin alus-
huovan ja villakerrosten läpi asennettavilla erikoiskiinnikkeillä. Lopuksi päälle asennettiin läpihitsattava pintahuopa. Valmista kattopintaa on esitetty kuvassa 16.



Kuva 14. Katon pohjarakenne. Alhaalta lukien kantava poimupelti, alin villakerros sekä höyrynsulkuhuopa. Poimupelti puhdistetaan lumesta ja jäädä ennen villoituksen asentamista.



Kuva 15. Katon kolme ylintä villakerrosta. Uritetun paineentasauskerroksen urat asennetaan kohdakkain. Höyrynsulkuhuovan pinta puhdistaan lumesta ja jäädä ennen villakerroksien asennusta. Myöskään villakerrosten väliin ei saanut jäädä lunta tai jäätä. Taustalla keltainen pelti-villa-pelti elementtiä varten asennettu teräksinen jatkopilari.



Kuva 16. *Katon pintarakenne. Kuvan alalaidassa näkyvä loiva vastakaato jiiriin on tehty lekasoralla. Oikealla seinää vasten tehty kaato on rakennettu mineraalivillasta.*

Laajennuksen sivustassa sijainneen ilmanvaihtokonehuoneen perustukset ja katon rakenne vastasivat muuta laajennusta. Ilmanvaihtokonehuoneen kantavana runkona toimivat kuitenkin teräspalkit ja -pilarit. Lisäksi ilmanvaihtokonehuonetta varten betonoitiin kantava holvi, jolloin tämän alapuolelle jäi tilaa kaupan kylmäkoneistolle. Kuvassa 17 on esitetty ilmanvaihtokonehuoneen runko.



Kuva 17. Ilmanvaihtokonehuoneen runko. Kuvassa näkyy myös ilmanvaihtokonehuoneen holvivalua varten asennetut holvituet. Holvi tukeutui toiselta laidaltaan vanhan rakennuksen seinärakenteeseen ja ulkolaidalta teräsrunkoon.

Rakennuksen lattia rakennettiin maanvaraisesti kantavana betonilaattana. Rakennuksen sisäpuolella sijainnut maa-aines sulatettiin roudansulatuslaitteiston avulla. Roudansulatuslaitteistolla pystyttiin sulattamaan yhdellä kertaa noin 300 m² ala. Näin ollen tarvittavat sisäpuoliset roudansulatustyöt saatiin tehtyä 18 vuorokauden aikana. Tämän jälkeen laajennuksessa ylläpidettiin peruslämpöä laitteistoon liitettyjen lämpöpuhaltimien avulla. Kuvassa 18 on esitetty roudansulatuslaitteisto. Tarvittava sisätäyttö ajettiin sisään liikenneympyrän puoleisesta sisäänkäynnistä pyöräkuormaajalla. Tämän jälkeen kaivettiin pääviemärilinjat sekä vedettiin maahan tulevat sähkökaapeloinnit. Kaivu- ja tasaustyöt suoritettiin pääasiassa traktorikaivurilla. Kuvassa 19 on esitetty maanvaraisen laatan pohjatöitä. Täytön tasauksen ja eristeiden asennuksen yhteydessä rakennuksen sisälämpötilaksi nostettiin noin +10 °C. Tämä oli rakennuksen peruslämpö maanvaraista betonilaattaa valettaessa. Oviaukkojen tukkeena käytettiin väliaikaisia ovia, pressuja tai EPS eristeitä.



Kuva 18. Roudansulatuslaitteisto työssään. Maan päällä oleva lumi jätetään poistamatta, jolloin se sulaessaan painuu maahan ja täten edistää roudansulatusta. Sisäpuolen peruslämpö nostettiin roudansulatuksen alkaessa nollan yläpuolelle, jolloin sulatettu maa ei routaannu uudestaan.



Kuva 19. Maanvaraisen laatan pohjatyöt. Tarvittava täyttöaines ajettiin kerralla sisään ja läjitettiin väliaikaisesti. Viemärinkaivuut, pohjan tasoitus, sekä eristys- ja raudoitustyöt etenivät vastaavasti lohkoittain.

Viimeisin talvityöaikaan tehty suurempi työkokonaisuus oli mosaiikkibetonilattian asennus. Mosaiikkibetonilaatat nostettiin ovista sisään trukkilavoilla ja kuljetettiin työlaattaa pitkin asennuskohteeseen pumppukärkyjen avulla. Mosaiikkibetonilaatat kiinnitettiin

maakostealla betonilla, mikä valmistettiin työmaalla laakamyllyllä. Betoniseokseen tarvittava maa-aines kuormattiin myllyyn pienkuormaajan avulla. Tarvittava vesi saatiin painevetenä ja sementti säkkitavarana. Myllystä maakostea betoni kuljetettiin asennuspisteisiin kottikärryjen avulla. Maakostea betonia asennettiin pohjalle noin viiden senttimetrin kerros, joka kostutettiin vesi-sementti seoksella. Mosaiikkilaatat ladottiin tämän kerroksen päälle. Lattiaa jälkihoidettiin reilulla vesimäärällä ja lopuksi se saumattiin. Kuvassa 20 on esitetty valmistuvaa mosaiikkibetonilattiaa.



Kuva 20. Valmistuvaa mosaiikkibetonilattiaa. Laattoja asennettiin viikossa noin puolet laajennuksen alasta, minkä jälkeen asennettu alue saumattiin.

Edellä mainittujen jälkeiset rakennustyövaiheet tapahtuivat talvirakentamiskauden ulkopuolella, joten niitä ei tässä raportissa ole esitetty. Kuvassa 21 on esitetty valmiin laajennuksen julkisivu.



Kuva 21. Laajennuksen valmis julkisivu.

4.2 Talvityöhavainnot

Lumi ja pakkanen aiheuttivat työmaan aikana lukuisia pieniä haittoja, mitkä kohdistuivat koneisiin, kalustoon ja ihmisiin. Taulukkoon 1 on kerätty työmaalta havaittuja talvityön haittoja ja haittojen vuoksi tehtyjä töitä. Ne ovat jaoteltuna vaikutuksensa sekä korjaamisen työläyden mukaan. Kuvissa 22 ja 23 on havainnollistettu näitä ongelmia. Vaikutuksiltaan vähäisiin luettiin haitat, jotka eivät aiheuta henkilöriskejä ja niiden taloudelliset vaikutukset ovat pienet. Merkittäviin luettiin haitat, joiden taloudelliset vaikutukset ovat suuret tai ne aiheuttavat henkilöriskejä. Helposti korjattaviin haittoihin luettiin ne, joiden korjaamisesta selvittään muutaman sadan euron panostuksella. Vastaavasti työläisiin korjattaviin tätä kalliimmat korjattavat.

Taulukko 1. Talvihaittoja taulukoituna

	Vähäiset vaikutukset	Merkittävät vaikutukset
Helppo korjata	<ul style="list-style-type: none"> • Aidan portit jäässä • Peräkärrien kidat jäässä • Munalukkoja jäässä • Kaikki pientyökalut eivät toimi pakkasessa • Työmaapysäköinnin autolämmityspaikkojen rakentaminen 	<ul style="list-style-type: none"> • Tauotusta lisättävä pakkasilla • Maantiivistin ei käynnistynyt pakkasella • Saksilavojen tukijalkoihin kertyy lunta • Työkaluja varastoitava lämpimissä sisätiloissa
Työläs korjata	<ul style="list-style-type: none"> • Rakennustuotteita ja tarvikkeita katoaa lumeen 	<ul style="list-style-type: none"> • Piha-alueet liukkaita • Lumipolanne vaikeuttaa kulkemista ja varastointia • Roudan sulaminen piha-alueilla • Kovilla pakkasilla työmaa seisoo



Kuva 22. Varastoalueen polanne aiheutti sulaessaan bitumikermipurun kaatumisen. Nippu kaatoi mukanaan osan työmaa-aidasta.



Kuva 23. Porrastorni painui maahan roudan sulaessa.

Työmaan pohjatöihin liittyen tutkimuspäiväkirjaan kertyi useita talvityöhavaintoja. Talvityöhavainnoista suurimman osan muodostivat jäätyneen maan sulattamiseen ja käsittelyyn liittyvät seikat. Roudansulatuslaitteiston käyttö oli perustustyövaiheen tärkein talvityön osa-alue. Roudansulatuslaitteistolla roudansulatus aloitetaan levittämällä glykolia sisältävät letkut sulatettavalle maa-alueelle noin 30cm välein. Käytössä ollut roudansula-

tuslaitteisto sisälsi letkuja kaksi piiriä. Letkujen päälle levitetään erityisesti roudansulatukseen tarkoitetut eristepeitteet, joiden päälle asetetaan painot pitämään ne paikoillaan. Tämän jälkeen kytketään päälle laitteiston poltin sekä kiertopumppu, jolloin lämmin glykoli alkaa kiertää letkuissa. Letkut sulattavat lumen ja jään maan pinnalla, jolloin niiden sisältämä vesi sulattaa maata painuessaan alaspäin. Sulamisnopeus vaihtelee maalajeittain, mutta keskimäärin se on luokkaa 30-40cm vuorokaudessa. Roudansulatuslaitteiston käyttöön kytkeminen on esitetty kuvissa 24 ja 25. Vastaavasti laitteisto poistetaan käytöstä poistamalla peitteet, sammuttamalla poltin sekä kelaamalla letkut pois.



Kuva 24. Roudansulatuslaitteiston letkujen levittämistä. Letkujen välin toisiinsa nähden tulee olla noin 30cm, jolloin sulattaminen on tehokkainta. Lumi jätetään poistamatta sulatettavalta alueelta, jolloin se sulaessaan edistää maan sulamista.



Kuva 25. Roudansulatuslaitteisto kytkettynä käyttöön. Suojapeitteiden tulee peittää mahdollisimman tiiviisti allensa jäävät letkut, sillä peitteiden tiiviydellä on suora vaikutus polttoaineenkulutukseen ja maan sulamiseen.

Roudansulatuslaitteiston käyttö vaatii ennakkosuunnittelua. Tyypillisesti se tulee kytkeä käyttöön vähintään kaksi vuorokautta ennen suoritettavaa työvaihetta. Roudansulatuslaitteiston käytön ennakkosuunnittelulla voidaan saavuttaa kustannus- ja aikataulusäästöjä. Näihin on laitteiston sijoituksella keskeinen vaikutus. Laitteisto tulee pyrkiä sijoittamaan siten, että toinen piiri voidaan purkaa ja alkaa rakennustöihin, kun toinen jää vielä tekemään sulatustyötä. Lisäksi sijoittelussa voidaan pyrkiä ottamaan huomioon seuraava sulatuskohde. Näin vältetään ylimääräiseltä purku- ja levitystyöltä. Lisäksi saadaan laitteistolle lisää tehollista sulatusaikaa, sen sulattaessa maata muiden työvaiheiden ollessa käynnissä. On kuitenkin huomattava, ettei laitteistoa voida aina levittää kesken työpäivän, koska se tulee hallimaisissa rakennuksissa usein työmaaliikenteen tielle.

Roudansulatuslaitteiston käyttö on eräänlaista optimointia. Rakennustyömaalla on olemassa ehjänä säilytettäviä kohteita kuten rasva- ja öljysäiliöt, rakennusten sokkelit sekä sähkökaapelit. Näiden läheisyydessä kaivuutöitä suoritettaessa roudansulatuslaitteistoa on käytettävä. Myös anturalinjat sekä putkikaivannot ovat järkeviä sulattaa. Rakennuspohjan sulattamiseen roudansulatuslaitteistoa on pakko käyttää. Toisaalta laajoilla massanvaihtoalueilla ei laitteiston käytöstä välttämättä saada juurikaan hyötyä. Täydellä teholla toimiessaan roudansulatuslaitteiston polttoöljyn kulutus on noin 100 litraa vuorokaudessa. Muita laitteiston käytöstä koituvia kustannuksia ovat vuokratuulo sekä levittämiseen ja purkuun kuluva työpanos. Vastaavasti jäiseen maahan kaivaminen on aina hitaampaa kuin sulaan. Merkittävimmät epävarmuustekijät roudansulatuslaitteiston käytössä liittyvät maan sulamisnopeuteen, joka voi maan vedenjohtavuudesta riippuen vaihdella paljonkin. Kohdetyömaalla tämä aiheutti muutamissa työvaiheissa aikatauluviivästyksiä.

Talvityönä maata on mahdollista kaivaa myös sulattamatta sitä. Tällöin joudutaan maan pinnassa oleva routa rikkomaan. Kaivinkoneen työsaavutus hidastuu kuitenkin merkittävästi, ollen roudan syvyydestä riippuen noin puolet normaalista työsaavutuksesta. Kohdetyömaalla roudan murtamiseen käytettiin kahta menetelmää. Yksi vaihtoehto oli repiä routa rikki kaivinkoneeseen kiinnitettävällä routapiikillä. Toisessa menetelmässä kaivanto kaivettiin alta päin, sulasta maasta ontoksi. Tämän jälkeen routa murrettiin painamalla päältä. Routaa mekaanisesti rikottaessa osoittautui kaivinkoneen koko merkittäväksi tekijäksi työn tehokkuuden kannalta. Kaivinkoneen koon kasvattaminen nopeutti roudan rikkomista oleellisesti. Kohdetyömaalla kaivinkoneet olivat 22 ja 29 tonnin koneita. Roudan mekaaninen rikkominen on kaivuutyypiltään hyvin karkeaa, jolloin ryöstökerroin on suurempi kuin sulaan maahan kaivettaessa. Tällöin maa-aineksista syntyy enemmän kustannuksia. Lisäksi sulattamatonta maata ei voida hyödyntää täyttömaana, vaan se on kuljetettava pois. Huolimatta edellä mainituista seikoista, puoltaa roudan mekaaninen poistaminen paikkaansa erityisesti selkeissä massanvaihtoalueissa. Kuvassa 26 on esitetty kaivinkone poistamassa routaa routapiikin avulla.



Kuva 26. Kaivinkone poistamassa routaa routapiikin avulla. Routainen maa irttoa lohkaraisena, jonka jälkeen se kuormataan kaivinkoneella autoon.

Talvella täyttötöyt on suoritettava sulaan maahan, jolloin voidaan varmistua maan tiiveydestä. Edullisinta on suorittaa maan leikkaus- ja täyttötöyt saman työvuoron aikana, jolloin selvittää mahdollisimman vähillä sulatuskerroilla. Ei siis kannata leikata enempää kuin ehditään täyttämään. Lisäksi täyttömaa-aineksen saatavuus tulee varmistaa ennen leikkaustöihin ryhtymistä. Talvella maa-aineksen toimittajat joutuvat tekemään reiän soraomonttuun sulan maa-aineksen saamiseksi. Tämän vuoksi sulaa maa-ainesta ei ole saatavilla yhtä lyhyellä varotusajalla kuin kesällä. Läjitettyinä maa-aineksen todettiin pysyvän tiivistymiskelpoisena noin yhden työvuoron ajan. Pieniä maa-ainesmääriä voidaan

varastoida yön yli autojen lavoilla sisätiloissa, jolloin sulan maa-aineksen saatavuus voidaan varmistaa. Tämä voi olla järkevää esimerkiksi antura-asennuksia suoritettaessa tai salaojia asennettaessa. Antura-asennuksia suoritettaessa työn tahdistamisella todettiin saavutettavan merkittäviä säästöjä. Kun maaperä on saatu sulatettua, tulee saman työvuoron aikana suorittaa anturapohjien leikkaus-, täyttö- ja tiivistystyöt sekä anturoiden asennus ja vierustäyttö. Vierustäyttö on tärkeää suorittaa maaperän tiivistymisen vuoksi, mutta myös piha-alueiden lumitöiden helpottamiseksi. Anturoiden asennuksen keskeisimmät työvaiheet on esitetty kuvissa 27, 28, 29 ja 30. Käytännössä työvaiheessa kannattaa käyttää kahta työryhmää. Ensimmäinen ryhmä tekee anturapohjien kaivinkonetyöt sekä suorittaa vierustäytöt anturoiden asennuksen jälkeen. Toinen työryhmä suorittaa anturapohjien viimeistelyt sekä asentaa anturat. Lumitöiden kannalta on suositeltavaa välttää kaivantojen auki jättämistä. Mikäli kaivantoja joudutaan jättämään auki, tulee niiden reunat luiskata loiviksi. Osa maarakennusvaiheista jätettiin suorittamatta talvityönä. Pihan sadevesijärjestelmän asennus jätettiin suoritettavaksi sulan maan aikana. Myös lastauslaiturin laajennuksen rakentaminen suoritettiin kesällä.



Kuva 27. Anturamontun kaivuuta. Roudansulatuslaitteiston purun jälkeen kaivuutyöt kannattaa aloittaa välittömästi. Suojaamaton maa säilyy työskentelykelpoisena yhden työvuoron ajan. Kaivuussa tulee varmistaa, että kaikki anturan alapuolinen routa on sulanut.



Kuva 28. Anturapohja valmiina. Anturoiden alle vaihdetaan rakennesuunnitelmien mukainen määrä kantavaa maa-ainesta, joka tiivistetään kerroksittain oikeaan korkoon. Roudansulatuslaitteiston sijoittelu tulee suorittaa vähintään karkeasti mittaamalla, sillä routa ei sula sivullepäin.

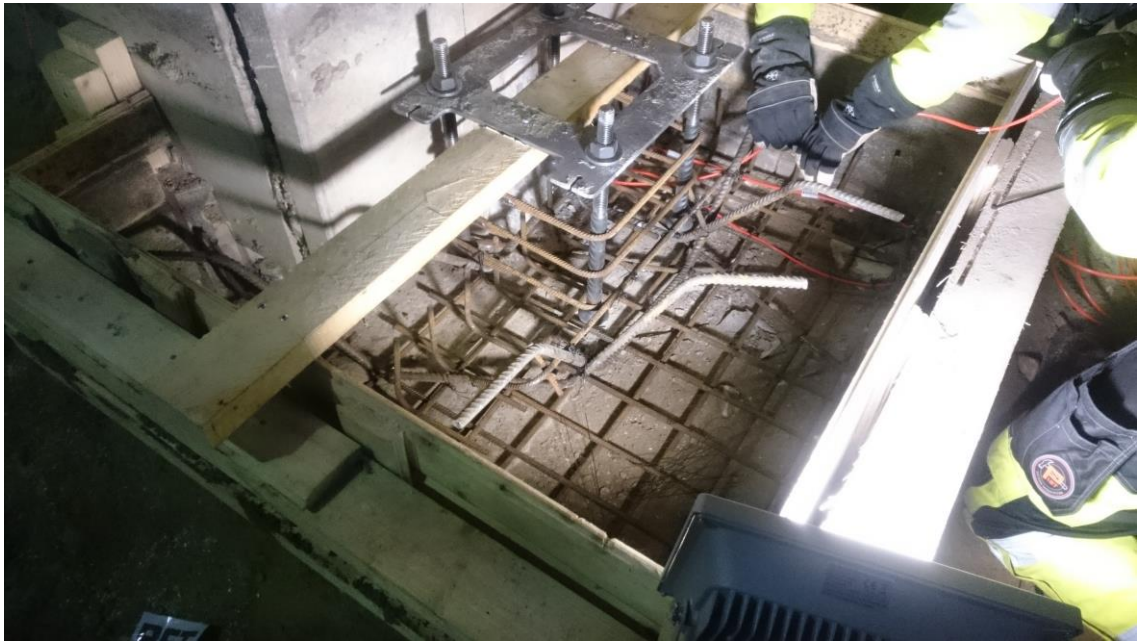


Kuva 29. Antura asennettuna paikalleen.



Kuva 30. Anturoiden vierustäyttö tehtynä.

Kohteen anturoista kolme toteutettiin paikallavaluna. Lisäksi talvitöinä valettiin hissikuilun pohjalaatta. Valujen lämmityksessä käytettiin apuna vastuslankoja sekä sähköpuhaltimia. Kuvassa 31 on esitetty vastuslangan asentamista. Valut eristettiin mineraalivillan sekä kevytpeitteiden avulla ja niiden lämpötilaa seurattiin mittareilla. Kuvassa 32 on esitetty anturavalu suojattuna. Valut olivat siis täysin riippuvaisia virransaannista, kunnes betoni saavuttaa jäätymislujuutensa. Tämän vuoksi on tärkeää varmistaa sulakkeiden riittävyys verkostossa.



Kuva 31. Vastuslangan asentamista. Vastuslanka tulee asentaa valun reuna-alueille, jolloin se suojaa parhaiten ulkoa tulevalta kylmyydeltä. Anturan alapuoli tulee olla sulatettuna.



Kuva 32. Anturavalu lämpöeristettynä. Vastuslangan lisäksi lämmittämiseen käytettiin sähköpuhallinta. Betonivalut lämpöeristettiin mineraalivillalla. Suojaus viimeisteltiin kevytpeitteellä.

Anturoiden paikallavalaminen talvella lisää kustannuksia merkittävästi kesä rakentamiseen verrattaessa. Lämmityksen järjestäminen, anturoiden suojaus sekä laadunvalvontatoimenpiteet vaativat resursseja. Elementtiasenteisiin anturoihin verrattuna työn määrä kasvaa merkittävästi enemmän.

Perustustöistä runkovaiheen siirryttäessä rakennustyöt olivat seisoksissa viikon ajan kovien ($>25^{\circ}\text{C}$) pakkasten vuoksi. Näin kylmällä koneiden ja kaluston asettamat rajoitteet tulevat vastaan. Esimerkkeinä näistä toimivat maantiivistimen murtuneet hydrauliletkut sekä laserin väärä näyttäminen. Kovalla pakkasella korkolaserin todettiin näyttävän väärin useita senttimetrejä akun jännitteen laskiessa. Verkkovirtaan kytkettynä kyseistä ongelmaa ei havaittu. Lisäksi työskentelyyn tulee katkoksia lämmittelytaukojen takia. Erityisesti sormet vaativat lämmittelytaukoja, sillä työskentelyn vuoksi ei ole mahdollista käyttää lapasia.

Työmaalle sovitut toimitukset tulevat pakkasellakin ja niiden purkamiseksi on suoritettava erityisjärjestelyjä. Esimerkiksi sokkelielementtien purkua varten autonosturi oli yön yli lämpimässä hallissa, mistä se saapui suoraan purkupaikalle. Aikatauluviivästyksen lisäksi työmaan seisahtumisesta aiheutuu myös muita kuluja. Pääomakustannuksia syntyy maksuerien pysähtymisestä, sillä tilatut tavarat laskutetaan, mutta maksuerien liikkeelle saaminen myöhästyy. Kuluja aiheuttavat myös työmaan juoksevat kustannukset, kuten sosiaalitulojen lämmitys.

Runkotöissä talvirakentamisesta aiheutuvien laadunhallintatoimenpiteiden määrän ja vaikeusasteen todettiin kasvavan verrattuna perustusvaiheeseen. Toisaalta toimenpiteistä aiheutuvat kustannukset ovat perustusvaihetta pienempiä. Yksi kohdetyömaan työllistävimmistä vaiheista olivat juotosvalut. Juotosvaluja varten työmaalle tuotiin eristetty vaihtolavakontti. Kontti on esitetty kuvassa 33. Juotosvaluaineet vietiin konttiin sisälle ja konttia lämmitettiin sähköpuhaltimella. Juotosvalujen suorittaminen talvityönä lisää sekä työ- että materiaalien kuluja. Erityisesti yksittäiset työpisteet, kuten betonipilareiden tyvivalut ovat työläitä. Tyvivaluja varten rakennettiin XPS:stä eristelaatikoita betonipilareiden juurille, joita lämmitettiin sähköpuhaltimien avulla. Tyvivaluista oli tärkeää poistaa mekaanisesti suurin osa lumesta ja jäädä, jolloin tyvi saatiin puhaltimen avulla valulämpöiseksi noin yhdessä vuorokaudessa. Tyvivalun eristelaatikko on esitetty kuvassa 34. Myös hissikuilun juotosvalut olivat työlämpiä kesärakentamiseen verrattuna. Suurempana kokonaisuutena ja helpomman lämmitettävyytensä vuoksi ero kesärakentamiseen jäi pieneksi.

Juotosvalujen suorittamisen työmäärän kannalta ulkolämpötila on keskeisessä asemassa. Talvijuotosbetonilla voidaan betonoida vielä -15°C :ssa, jonka jälkeen tarvitaan lisälämmitystä. Tällöin esimerkiksi nollakelillä selvittää paljon vähäisemmällä toimenpiteillä kuin -20°C :ssa. Valutöitä siirrettiin myös sisävalmistusvaiheeseen. Konehuoneistojen teräspilareiden betonointi suoritettiin jälkikäteen pumppaamalla, sillä se todettiin kustannustehokkaammaksi vaihtoehdoksi. Holvin pintabetonointi suoritettiin rakennuksen ollessa lämmin. Rakennuksen ollessa lämmin myös laadunhallintatoimenpiteet yksinkertaistuivat. Betonointia varten tehty teräspilarin pumppauskiinnike on esitetty kuvassa 35. Toisaalta voidaan harkita esivalmistavien työvaiheiden suorittamista muissa sisätiloissa. Kohdetyömaalla liimapuupalkkien asennushaarakoiden hitsauspisteiden hiontatyöt suoritettiin sisätiloissa.



Kuva 33. Juotosvaluja varten työmaalle tuotu eristetty kontti. Kontin lämmitys suoritettiin 5 kW:n sähköpuhaltimella. Juotosvalujen kuiva-aines varastoititiin kontin sisällä.



Kuva 34. Betonipilareiden tyvivaluja varten XPS:stä rakennettu eristelaatikko. Laatikon lämmitys suoritettiin sähköpuhaltimella. Tyveä esilämmitettiin ennen valun suorittamista yhden vuorokauden ajan.



Kuva 35. *Teräspilareiden jälkibetonointia varten tehty pumppauskiinnike. Koska teräspilareita ei haluttu betonoida talvibetonointina, siirrettiin työvaihe sisävalmistusvaiheeseen. Teräspilarissa pitää olla ylhäällä reikä, josta nähdään, kun pilari on täynnä betonia. Pumppauskiinnike lyödään irti sopivan paksuisella vaneripalalla, joka peittää pumppausreiän.*

Lumen poistaminen asennusaluksilta ja työpisteistä on tärkeä sekä usein toistuva laadunhallintatoimenpide. Lisäksi lumeen katoaa tarvikkeita ja lumenen työalue heikentää työturvallisuutta. Ensiarvoisen tärkeää on poistaa asennusaluksilta, kun lämpötila käy väliaikaisesti nolla yläpuolella. Sohjo muodostaa jäätyessään vaikeasti poistettavan kerroksen. Vaihtoehtoisesti työpisteitä voidaan suojata lumisateelta ennakoon peittämällä. Edellä mainittujen seikkojen vuoksi sääennusteiden seuraamisella voidaan saavuttaa kustannussäästöjä. Kuoppamaiset työpisteet kannattaa peittää etukäteen, sillä ne ovat työläitä puhdistettavia.

Villapakettikaton rakentaminen talvityönä osoittautui suojauksen kannalta mielenkiintoiseksi. Lähtökohtaisesti loivan katon peittäminen vesitiiviisti on haastava tehtävä. Talviolosuhteiden koettiin kuitenkin tuovan tähän helpotusta. Kuiva lumisade ei vaadi yhtä tiiviitä suojauksia kuin vesisade. Tällainen olosuhteiden hyödyntäminen vaatii kuitenkin jatkuvaa sääennusteiden seuraamista sekä valmiutta parantaa suojauksia tarpeen tullen. Katon kantavana osana toimivan poimupellin lumitöitä varten hankittiin lehtipuhallin, joka osoittautui hyvin tehtävään soveltuvaksi. Poimupellin puhdistamista lehtipuhaltimella on esitetty kuvassa 36. Poimupellin puhtaanapidon kannalta on tärkeää poistaa kaikki lumi, ennen kuin se pääsee jäätymään peltiin kiinni. Kuivissa talviolosuhteissa voidaan ensimmäisen villakerroksen ja höyrynsulun jälkeen jättää katto peittämättä, sillä lumen poisto onnistuu helpoiten suoraan höyrynsulkukermin päältä. Toisaalta lämpötilan mennessä plusasteille, pitää kaikki lumi poistaa välittömästi. Höyrynsulkukermi ei kestä jäätämistä. Höyrynsulkukermiä seuraavat villakerrokset on kannattavaa latoa siten, että

saadaan mahdollisimman paljon samassa tasossa olevaa kattopintaa valmiiksi. Kun villa-asennukset tahdistetaan oikein huopa-urakoitsijan kanssa, säästytään paljolta suojaustyöltä. Kuten kuvassa 37 näkyy, hallimaisen rakennuksen katolle kertyy merkittävät määrät lunta. Lumi joudutaan poistamaan miesvoimin vedeneristystöiden ollessa vielä kesken. Pintakermin asentaminen suoritettiin vasta lämpötilan ollessa reilusti plusasteilla, millä varmistettiin laadukas lopputulos. Kaiken kaikkiaan villapakettikaton talvirakentamiskustannukset ovat hyvin olosuhderiippuvaisia, eli niihin liittyy paljon epävarmuutta. Mikäli katto saadaan tehdä kuivassa pakkaskelissä aluskatteeseen asti, selvittää kesää vähemmillä suojauksikustannuksilla. Toisaalta räntäsateella katon tekeminen on hyvin työlästä. Hyvien olosuhteiden vallitessa onkin viisasta ohjata resursseja katon asennustöihin. Myös muissa suojaustöissä, kuten pelti-villa-pelti elementtien villapintojen väliaikaisessa suojauksessa todettiin talvesta olevan hyötyä. Suojausratkaisuiden tiiveysvaatimukset eivät olleet kesää vastaavia.



Kuva 36. Poimupellin puhdistamista lumesta lehtipuhaltimella. Lehtipuhallin osoittautui tehokkaaksi työkaluksi irtolumen poistamiseen poimujen välistä. Lumitöiden kannalta on kuitenkin edullista saada ensimmäinen villakerros asennettua mahdollisimman nopeasti poimupellin päälle.



Kuva 37. Lumitöitä katolla. Talvella lunta voi kertyä katolle suuret määrät, erityisesti hallimaisissa rakennuksissa. Lumi joudutaan poistamaan katolta miestyövoimin, mikäli vedeneristystyöt eivät ole täysin valmiita.

Rakennuksen sisäpuolen roudansulatustyöt aloitettiin yhtäaikaaisesti katon eristystöiden kanssa. Suurehkon pinta-alan ja syvälle edenneen roudan vuoksi roudansulatustyöt sisällä vaativat 18 päivää. Töiden aikataulutuksen vuoksi on tärkeää päästä aloittamaan sisäpuolen roudansulatustyöt mahdollisimman ajoissa. Kohdetyömaalle otettiin tähän vaiheeseen toinen roudansulatuskone nopeuttamaan työtä. Hyvänä laadunvarmistuskeinona roudan sulamiselle toimivat koekuopat. Kun laitteistoa ensimmäisen kerran siirretään, tulee sisäpuolen lämpötilan olla nollan yläpuolella, jottei jo kerran sulatettu maa routaannu uudelleen.

Kun rakennuksen eristystyöt saatiin suoritettua ja siirryttiin sisäarakennusvaiheeseen, todettiin talvesta aiheutuvien haittojen pienenevän huomattavasti. Suurimmat kulut syntyivät sisäarakennusvaiheessa rakennuksen lämmittämisestä. Sisäarakennusvaiheen tärkeimmät talvityöhön liittyneet asiat olivat riittävän sisälämpötilan varmistaminen, maakostean betonin laaduntarkkailu sekä mosaiikkilaattojen ottaminen sisätiloihin riittävän ajoissa.

4.3 Haastattelu

Keskeisimmiksi riskitekijöiksi talvirakentamisessa haastateltavat mainitsivat jäätymisen ja olosuhteiden epävarmuuden. Jäätymisen kannalta olennaisina pidettiin kalustoa, betonirakenteita ja maaperää. Olosuhteisiin epävarmuutta koettiin tuovan erityisesti pakkasen ja pakkaspäivien. Myös lumi ja lumisateet nousivat esille. Talvirakentamisen riskienhallinnassa tärkeimpinä menetelminä nousivat esille ennakointi, työvaiheiden suunnittelu ja aivoriihet riskien tunnistamiseen. Haastateltavien mukaan käytännön työhön vietyä

tämä tarkoitti työvaiheiden siirtämistä myöhempään ajankohtaan, esivalmistusasteen nostamista ja talvityöhön soveltuvan kaluston hankkimista. Lisäksi esille nousi sääennusteiden seuraamisen sekä niihin reagoimisen tärkeys.

Tutkimuksen kohteena olleen työmaan merkittävimmäksi haasteeksi oli koettu talvitöiden vaikutus töiden rytmitykseen. Erityisesti maanrakennus- ja perustustöiden osalta rytmitys todettiin keskeiseksi tekijäksi kustannustenhallinnan kannalta. Tehokkaamman toiminnan saavuttamiskeinona maarakennustöissä pidettiin tarkempaa työn ennakkosuunnittelua sekä tahdistamista ali- ja sivu-urakoitsijoiden kanssa. Näistä nousivat erityisesti esille putkikaivantojen ja anturapohjien rakentaminen. Yksittäiset paikkotyöt ja -työpiis- teet koettiin myös talvella työmäärältään suuriksi. Tällaisista kohteista esimerkkinä nousivat esille yksittäiset juotosvalupisteet ja hitsaustyöt.

Haastateltavat totesivat talvella olevan myös positiivisia vaikutuksia rakentamiseen. Ensisijaisesti talvi vaikutti positiivisesti resurssien saatavuuteen. Aliurakoitsijoita ja ammattitaitoista työvoimaa oli hyvin saatavilla. Aliurakoiden hinnat todettiin kilpailukykyisiksi. Töiden rytmityksen todettiin luovan päivätavoitetta, mikä ajoittain kasvatti päivän työsuorituksen määrä. Vaikka suojaustöihin talvella oli keskimäärin kasvattava vaikutus, todettiin villapakettikaton ja pelti-villa-pelti elementtien asennuksen onnistuvan kuivana pakkaskautena kesää vähemmällä suojaustöillä.

Kesäarakentamiskauden verrattuna talvirakentamisen todettiin olevan vähemmän joustavaa. Talvirakentaminen ei anna anteeksi kalustorikoista tai toimitusten myöhästymistä aiheutuvia suunnitelmamuutoksia. Työvaiheiden suoritusjärjestyksen osalta suunnitelmien muutokset kasvattavat kustannuksia. Tähän suurin syy on maan sulana pitäminen. Suunnitelma- ja työvaihemuutosten riskin vuoksi nousi esille muiden projektin osapuolten kanssa tehtävän ennakkosuunnittelun tärkeys. Talvirakentamisen työteknisistä seikoista haastateltavat pitivät tärkeimpinä talvibetonoinnin hallitsemista sekä talvella suoritettavia maanrakennustöitä. Näihin seikkoihin he myös kiinnittäisivät eniten huomiota, kun työntekijöitä perehdytetään talvityöntekoon.

Rakentamiskustannusten ennustettavuuteen haastateltavat totesivat talven vaikuttavan negatiivisesti. Kuten jo edellä on mainittu, mahdolliset muutokset työvaiheissa heijastuvat itse muutostyötä suurimpina kustannuksiin ja aikatauluun. Mahdolliset pakkaspäivät ja lumisateet kasvattavat rakentamiskustannuksia sekä pidentävät rakennusaikaa. Pakkaspäivien merkitykseen vaikuttaa erityisesti rakennuksen rakennusvaihe. Perustusvaiheessa pakkaspäivät pysäyttävät koko työmaan, kun puolestaan sisävalmistusvaiheessa pakka- sesta ei haittaa juuri ole. Haastateltavien mukaan laadun perusseikkoihin tulee työtekni- sistä syistä johtuen kiinnitettyä talvella kesää enemmän huomiota. Täten peruslaadun saa- vuttamiseen talvella koettiin olevan jopa positiivinen vaikutus. Talvirakentamisen työtur- vallisuu- den merkittävimpana erona pidettiin lumen ja jään aiheuttamaa liukkaita.

Suurimmaksi kustannustekijäksi talvirakentamisessa kyseisellä työmaalla haastateltavat mainitsivat roudansulatuksen. Pohjarakentamisvaiheessa todettiin talvella aiheutuvan kustannuksia myös kasvaneesta konetyön määrästä ja ryöstökertoimen kasvamisesta kaivettaessa routaiseen maahan. Lisäksi todettiin, ettei maa-aineksia voida talvella läjittää varastoon. Kustannukset eri rakennusvaiheiden osalta haastateltavat jakaisivat kohdetyömaalla seuraavasti: Pohjatyöt 50%, runkotyöt 40% ja sisävalmistusvaihe 10%.

Talvirakentamisen tärkeimpinä asioina rakennusliikkeen näkökulmasta haastateltavat pitivät talvesta aiheutuvien kustannusmuutosten ja laaturiskien hallintaa. Erityisen tärkeäksi koettiin myös projektin työvaiheikataulun pitävyys sekä aikataulut ali- ja sivuraajoitusten kanssa.

4.4 Kustannusseuranta

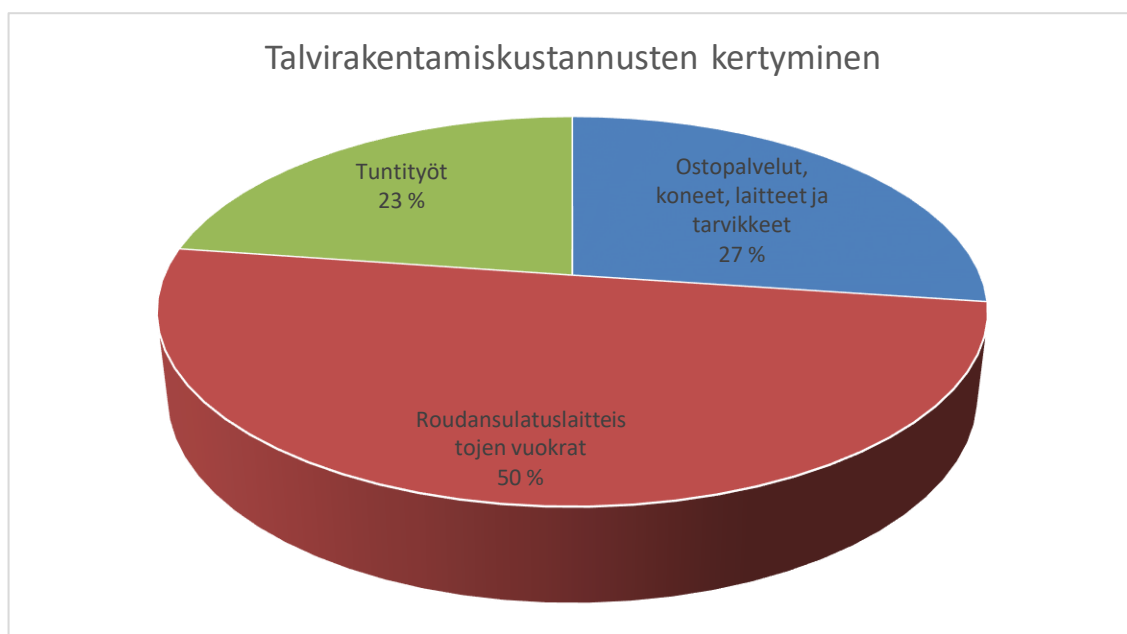
Tutkimuksen aikana pidettiin kirjaa päiväkohtaisesti talvirakentamiskustannusten kertymisestä. Kustannuksiin pyrittiin keräämään kaikki talvirakentamisen vuoksi tehdyt lisätyöt ja -hankinnat. Varsinaisen rakennustyösuorituksen hidastumista tai nopeutumista talven vuoksi ei ole laskelmissa arvioitu. Kustannukset on kerätty väliltä 21.12.2015 – 22.4.2016. Koska kustannusten kerääminen aloitettiin 21.12.2015 ja työmaan aloituspäivä oli 1.12.2015, on tällä välillä syntyneet kustannukset arvioitu jälkikäteen. Kustannusten tuntiannon laskentaperusteena on käytetty X €/h ja mahdollisia ylitöitä ei ole sisällytetty kustannuksiin. Tarvikekustannukset on kirjattu toteutuneiden mukaan. Kaikkiin tässä luvussa esitettyihin kustannuksiin sisältyy arvonlisävero 24%.

Talvirakentamiskustannuksia tarkasteltiin myös rakennusvaiheittain. Työvaiheet jaettiin pohjavaiheeseen, runkovaiheeseen sekä sisävalmistusvaiheeseen. Tarkasteluväleinä käytettiin seuraavia: Pohjavaihe 1.12.2015-31.1.2016, runkovaihe 1.2.2016-11.3.2016 ja sisävalmistusvaihe 12.3.2016-22.4.2016. Talvitöiden kokonaiskustannuksiksi kustannusseurannan mukaan kertyi X€. Kertyneistä kustannuksista työn osuus oli X€. Ostopalveluihin, koneisiin, laitteisiin ja tarvikkeisiin kului X€. Roudansulatus- ja lämmityslaitteiston vuokratkustannukset muodostivat suurimman osan ollen X€. Taulukkoon 2 on koottu talvirakentamisen kustannuksia työvaiheittain ja kustannuslajeittain.

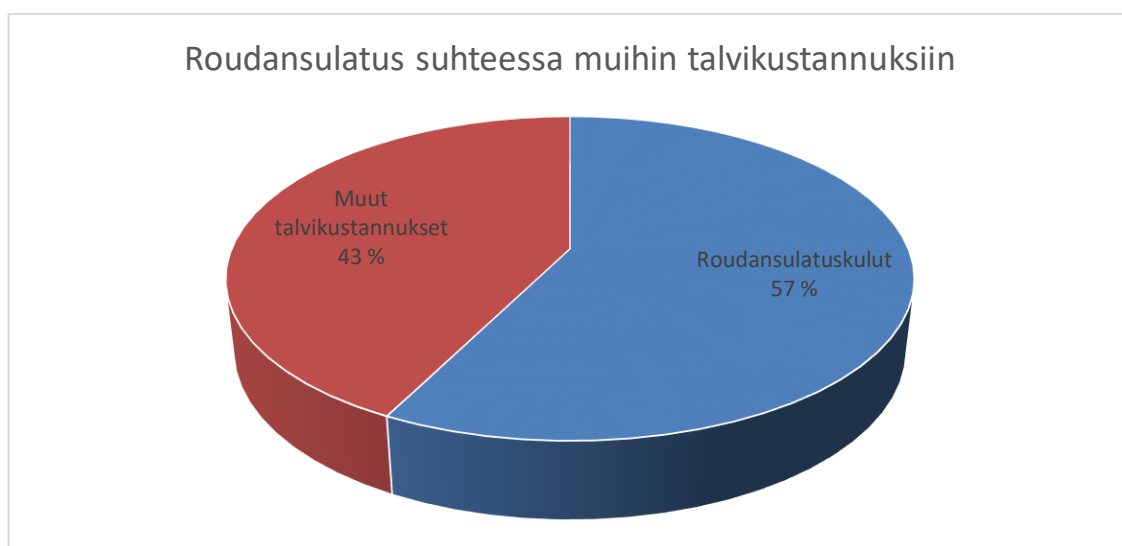
Taulukko 2. Talvirakentamisen kokonaiskustannukset

	Tunnit (h)	Tarvikkeet (€)	Vuokrat (€)	
Pohjavaihe	X	X	X	X
Runkovaihe	X	X	X	X
Sisävalmistusvaihe	X	X	X	X
Talvityön kokonaiskustannukset sis. Alv. 24%	X	X	X	X

Kuvassa 38 on esitetty talvirakentamiskustannusten koostuminen. Roudansulatuslaitteiston vuokratkustannukset aiheuttavat puolet talvirakentamiskustannuksista. Roudansulatuksen kokonaiskustannuksia arvioitaessa tulee kustannuksiin huomioida lisäksi tuntitöihin sisältyvät laitteiston käyttötyöt sekä ostoihin sisältyvät polttoainekulut. Tällöin roudansulatus muodostaa talvirakentamiskustannuksista yli puolet. Tätä on havainnollistettu kuvassa 39.

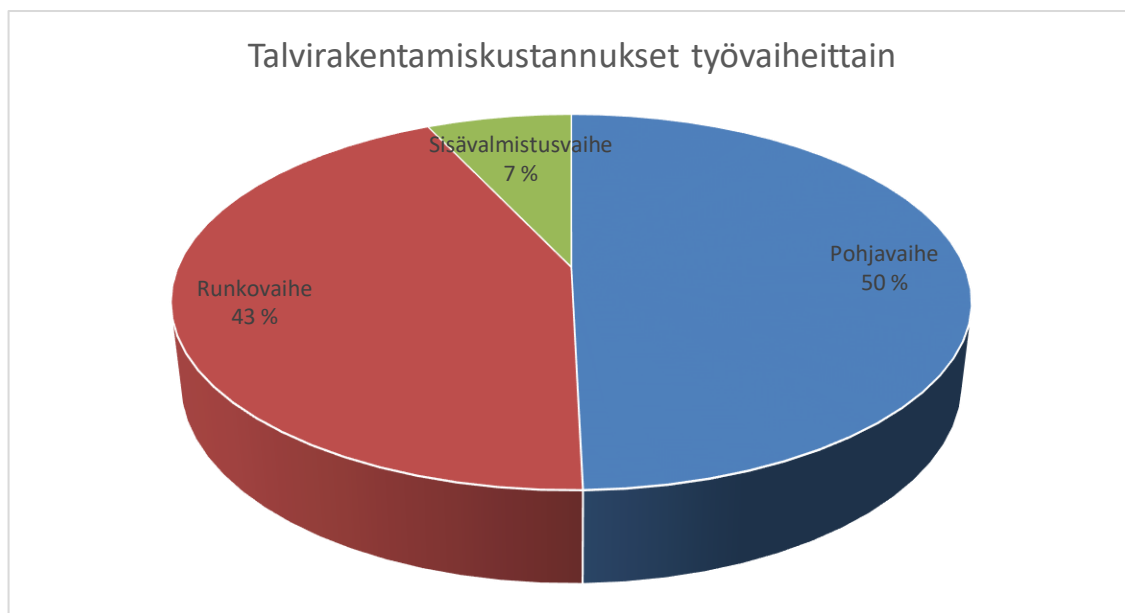


Kuva 38. Talvirakentamiskustannusten kertyminen. Roudansulatuslaitteiston vuokratkustannukset muodostavat puolet talvirakentamiskuluista. Tuntityöt ja hankinnat jakautuvat varsin tasaisesti.



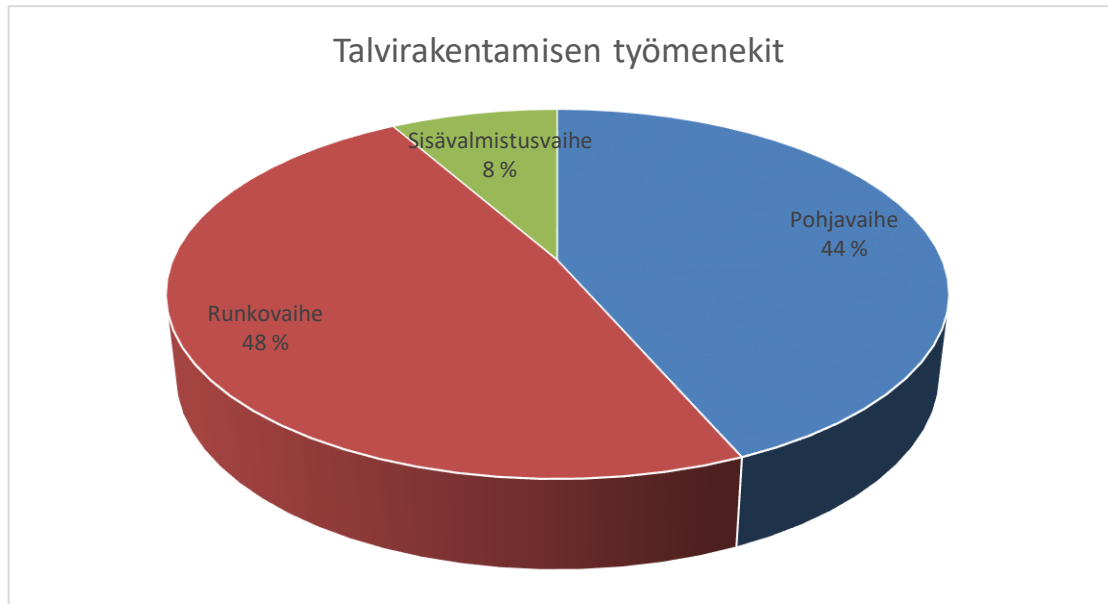
Kuva 39. Roudansulatus oli merkittävin talvikustannustekijä työmaalla, aiheuttaen yksinään yli puolet talvirakennuskustannuksista.

Kustannusten jakautumista työvaiheittain on havainnollistettu kuvassa 40. Tällä jaotellulla runkovaiheen kustannukset sisältävät rakennuspohjan roudansulattamisen. Rakennuspohjan roudansulatus muodostaa yli 50% runkovaiheen talvirakentamiskustannuksista. Mikäli rakennuspohjan roudansulatus sisällytettäisiin pohjavaiheeseen, muodostaisi pohjavaihe 75% talvirakentamiskustannuksista.

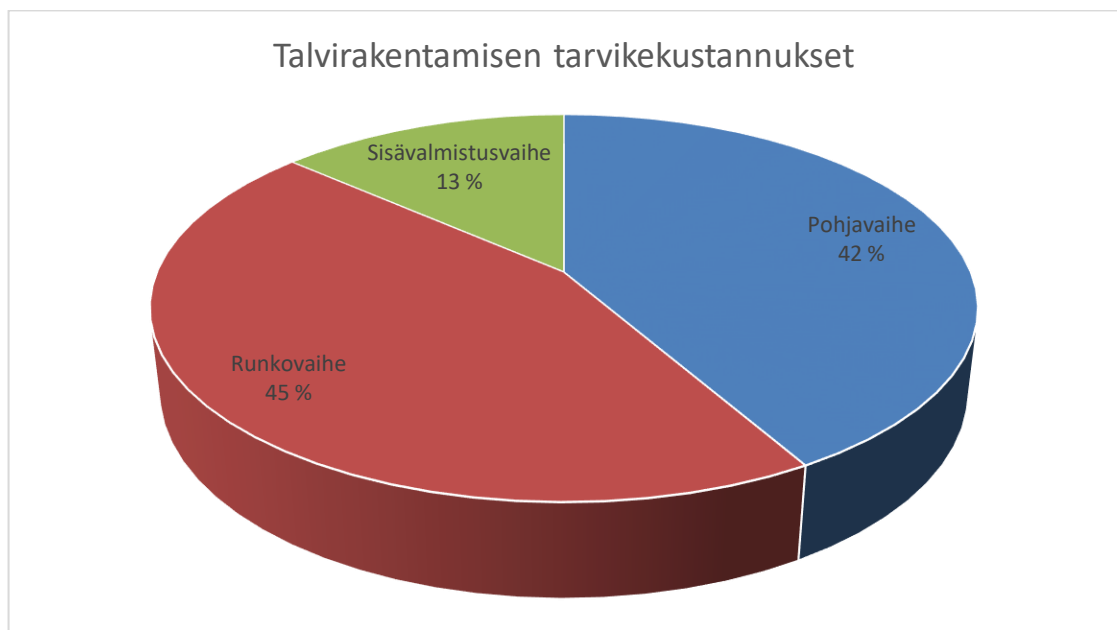


Kuva 40. Talvirakentamiskustannukset työvaiheittain.

Talvirakentamisen työmenekkejä ja tarvikekustannuksia eri työvaiheissa on havainnollistettu kuvissa 41 ja 42. Työmenekit ja tarvikekustannukset seuraavat kokonaiskustannusten kanssa samaa trendiä. Menekit ja kustannukset painottuvat hieman enemmän runkovaiheeseen pohjavaiheen sijasta. Sisävaiheen tarvikekustannukset olivat myös kuusi prosenttiyksikköä kokonaiskustannuksia suuremmat.



Kuva 41. Talvirakentamisen työmenekit työvaiheittain.



Kuva 42. Talvirakentamisen tarvikekustannukset työvaiheittain.

Rakennusteknisten töiden arvolisäverollinen urakkasumma oli X€. Näin ollen kokonaisurakkasummasta talvirakentamiskustannusten osuus oli X%. Tätä tarkasteltaessa on otettava huomioon työmaan rakennustöiden jatkuminen vielä neljä kuukautta talvirakennustöiden päätyttyä.

5. TALVIRAKENTAMISEN KUSTANNUSTEN- JA LAADUNHALLINTA

5.1 Talvirakentamisen riskien tunnistaminen

Talvirakentamisen keskeisimmät erot kesäarakentamiseen aiheutuvat lumisateesta ja lämpötilan painumisesta pakkaselle. Talvirakentamisen riskien tunnistamisen kannalta näiden olosuhdemuutosten vaikutusten tunnistaminen eri työvaiheiden kannalta on keskeisessä roolissa. Työmaan johtohenkilöstön tulee normaalin työsuunnittelun lisäksi huomioida olosuhteista aiheutuvat muutokset. Olosuhdemuutosten huomiointi tulee osaksi normaalia työsuunnittelua.

Kohdetyömaan tärkein keino talvirakentamisen riskien tunnistamiseen olivat muutamien minuuttien päivittäiset keskustelut työmaan johtohenkilöstön kesken. Keskusteluissa käytiin pääpiirteittäin läpi tulevat työvaiheet ja sekä talviolosuhteiden vaikutus näihin. Riskien tunnistamiseen auttoivat myös työmaan työntekijöiden tekemät havainnot. Työtaukojen aikana käytävissä keskusteluissa oli mukana myös työntekijöitä. Tällöin työntekijöille tulee jaettua informaatio samassa yhteydessä. Käytännössä vastuu riskien tunnistamisesta ja niiden hallinnasta jää kuitenkin työmaan johtohenkilöstölle.

Lumi aiheuttaa talvella sekä spekulatiivisia että puhtaita riskejä. Lumisateiden aiheuttamia riskejä voidaan hallita varsin hyvin, kun seurataan sääennustetta päiväkohtaisesti ja suoritetaan suojaustyöt ennusteiden mukaisesti. Resurssit suojaamiseen tulee varata ennakolta, jolloin suojaustyöt voidaan suorittaa lyhyellä varoitusajalla. Hyvänä ennakokeinona lumisateen tuomiin haittoihin toimii työmaan pitäminen siistinä. Toisaalta pakkaslumelta suojaaminen ei vaadi esimerkiksi katon ja seinän suojauksilta vastaavaa tiiviyyttä kuin vesisateelta suojaaminen. Tätä hyödynnettäessä on kuitenkin oltava resurssit parempaan suojaamiseen ja toisaalta seurattava sääennusteita jatkuvasti.

Pakkanen aiheuttaa puolestaan rakennustyön kannalta lähinnä puhtaita riskejä. Keskeisimmät näistä liittyvät maarakennustöihin sekä betonointiin. Lisäksi kohteena voivat olla pakkaselle alttiit koneet ja kalusto. Pakkaseen liittyvien riskien tunnistamisessa on hyvä lähteä liikkeelle sääennusteista. Tällöin voidaan rajata mahdollisia riskejä tunnistettavissa työvaiheissa. Karkeasti ottaen lämpötila talvitoissa voidaan rajata kolmeen eri riskialueeseen. Ensimmäinen riskialue on lämpötilat nollan yläpuolella. Tällöin pakkasesta ei aiheudu riskejä. Toinen alue on lämpötilat nollan ja -15°C välissä. Tällöin talvirakentamiseen liittyy pääosin normaaleja laadunhallinnallisia riskejä. Kolmas alue ovat -15°C :sta kylmemmät lämpötilat. Tällöin laadunhallinnallisten riskien lisäksi riskien kohteina ovat koneet, kalusto sekä ihmiset. Näin kylmällä työskenneltäessä tulee kiinnittää riskien tunnistamiseen erityistä huomiota, sillä kova pakkanen voi rikkoa yllättävääkin laitteistoa.

Pakkaseen liittyviä riskejä tunnistettaessa on tärkeää miettiä, mitkä rakennusmateriaalit tai tuotteet voivat jäätyä ja mitä siitä seuraa.

Talvirakentamiseen liittyy myös spekulatiivisia riskejä, jotka ovat yrityksen kustannustehokkuuden kannalta hyvä tunnistaa. Tärkeimpänä seikkana on aliurakoitsijoiden hyvä saatavuus. Talvella rakennustuotanto on kesää vähäisempää, joten aliurakoitsijoita on hyvin saatavilla. Tämän vuoksi urakoiden hintataso on myös kesää alhaisempi. Edelleen tästä johtuen kokonaisurakasta voi olla kannattavaa poimia aliurakointikokonaisuuksia, joita myydään eteenpäin. Toisaalta myös ammattitaitoista työvoimaa on kesää paremmin saatavilla, mikä voi olla hyödynnettävissä omien työmiesten käyttämisenä.

Riskien tunnistamisen keskeisiä asioita ovat sääennusteiden seuraaminen, työvaiheiden ennakkosuunnittelu sekä pakkaselle alttiiden kohteiden tunnistaminen. Sääennusteista saadaan selvitettyä, tarvitseeko varsinaista tunnistamista suorittaa pidemmälle. Tarvittaessa voidaan työn ennakkosuunnittelun ja jäätymisalttiiden kohteiden tunnistamisen kautta tunnistaa varsinaiset riskit. Hyvänä keinona tähän toimivat tehtäväsuunnitelmien laatiminen, aivoriihet tai tarkastuslistat. Riskejä tunnistettaessa keskeinen kysymys on: ”Mitä lumi tai pakkas voi aiheuttaa työtehtävässä?”

5.2 Talvirakentamisen kustannusten hallinta

Talvirakentamisen kustannusten hallintaan pätevät samat lainalaisuudet kuin muidenkin rakentamisen kustannusten hallintaan. Jotta niitä voidaan hallita, tulee ne tunnistaa ja laskea. Laskemalla talvityöt työvaiheittain saadaan kustannukset selville riittävällä tarkkuudella. Talvirakentamiseen liittyy aina kesärakentamista suurempaa olosuhteista aiheutuvaa epävarmuutta. Tätä aiheuttavat kovat pakkaset sekä lumisadepäivät. Molemmat voivat keskeyttää tai oleellisesti hidastaa työvaiheen suorittamista. Tämän tutkimuksen havaintojen mukaan talvirakentaminen aiheuttaa lisäkustannuksia lähestulkoon jokaisena talvityöpäivänä. Esille nousee kuitenkin päiviä, jolloin kustannukset ovat moninkertaiset muihin päiviin verrattuna olosuhteista johtuen. Näiden päivien ajoittuminen suhteessa työvaiheisiin on suurin epävarmuustekijä talvirakentamiskustannuksia arvioitaessa. Kustannuslaskentaa suoritettaessa tulee lisätä oma kustannusvarauksensa olosuhteiden epävarmuuden vuoksi.

Myös työmaalla voidaan vaikuttaa talvirakentamiskustannuksiin. Talvitöihin soveltuva kalusto on töiden etenemisen kannalta erittäin tärkeää, sillä tätä kautta se vaikuttaa aikataulussa pysymiseen. Haasteita koneille ja kalustolle talvella aiheuttavat lumi sekä pakkas. Pakkasen vuoksi erityisesti dieselkäyttöiset laitteet saattavat olla käynnistymättä. Toisaalta pakkas voi haitata akkukäyttöisten laitteiden toimintaa ja rikkoa koneita. Kustannusten hallinnan kannalta koneiden esilämmitys ja laitteiden säilytys lämpimässä on tärkeä toimenpide. Tällöin vältetään korjaamiseen tai uuden laitteen odottamiseen kuluilta työtunneilta. Koska talvitöissä tahdistaminen on erittäin tärkeää, odottelutuntien

kustannukset ovat kesää suuremmat. Vastaavasti lumi aiheuttaa koneille ja laitteille haittaa useimmiten liukkauden muodossa. Pyörillä seisovien kulkuneuvojen olisi talvella suositeltavaa olla nelivetoisia. Myös tietyt työmenetelmät vaativat kalustolta talvella erityisominaisuuksia. Pohjatöitä suoritettaessa roudansulatuslaite on kallis, joskin riittävän laadun saavuttamiseksi välttämätön. Routaiseen maahan kaivettaessa tehokkaalla kaivuukalustolla saavutetaan työsaavutusetua verrattuna kesärakentamiseen.

Kuten edellä on mainittu, kustannusten hallinnan kannalta töiden tahdistaminen on tärkeää. Tämä aiheutuu routaantuneen maan sulattamistarpeesta ja roudansulatuslaitteiston korkeasta käyttökustannuksesta. Kun tietyt työvaiheet saadaan valmiiksi yhden työvuoron aikana, välttyään useilta sulatuskerroilta. Tahdistamisen onnistumiseksi tulee töiden aikataulutus sopia myös ali- ja sivu-urakoitsijoiden kanssa. Esimerkiksi putkikaivantoja ei voida jättää auki yön yli, vaan ne on kaivettava ja täytettävä saman työvuoron aikana. Usein on kustannustehokasta tehdä tietyt työvaiheet valmiiksi jopa ylitöinä. Pääurakoitsijan kannalta on tärkeää sopia tästä etukäteen ali- ja sivu-urakoitsijoiden kanssa.

Työvaiheita voi olla kustannussäästöjen vuoksi järkevää myös lykätä. Mikäli työmaan aikataulun puolesta on mahdollista, kannattaa maa- ja betonirakennustyöt suorittaa sulaan maahan. Esimerkiksi pihojen sadevesiputkistot tai portaiden kynnyslaatat voivat olla tällaisia työvaiheita. Työtehtäviä voidaan siirtää myös sisätiloihin, mikäli niitä on käytettävissä. Esimerkiksi maalaustyöt kannattaa suorittaa talvella ennakolta sisätiloissa. Kaiken kaikkiaan esivalmistusasteen nostamisella saavutetaan talvella kustannussäästöjä. Betonirakenteiden osalta elementtien käytöllä saavutetaan talvella merkittäviä kustannussäästöjä.

Talvirakentamisen kustannustenhallinnan kannalta töiden rytmitys ja aikataulutus ovat keskeisiä. Ali- ja sivu-urakoitsijat pitää perehdyttää tulevaan työvaiheeseen sekä sen suorittamisen aikatauluun. Talvitöissä ei ole kesää vastaavaa joustavuutta työn kesken jättämisen kannalta. Käyttöön tulee valita talviolosuhteita kestäväää koneita ja kalustoa. Työvaiheet tulee suunnitella huolella ennakolta sekä pyrkiä minimoimaan olosuhteista ja muista osapuolista aiheutuvat yllätykset.

5.3 Talvirakentamisen laadunhallinta

Talvirakentamisen laaturiskit kohdistuvat useimmiten betoniin ja pohjarakenteisiin. Betonin tulee saavuttaa jäätymislujuutensa ennen jäätymistä, jotta se voi saavuttaa riittävän lujuuden. Vastaavasti maa-aineksen pitää olla sulaa voidakseen tiivistyä. Talvella on vaikutusta myös muiden työvaiheiden laadunhallintaan. Muihin työvaiheisiin liittyvien riskien suuruus on kuitenkin merkittävästi pienempi. Laadunhallinnan kannalta joidenkin työvaiheiden lykkääminen kesään tai sisärakennusvaiheeseen voi olla perusteltua. Esimerkiksi huopatöiden lopputulos on nollakelissä huomattavasti parempi kuin reilulla pakasella. Toinen esimerkki ovat pintabetonointien siirtäminen sisärakennusvaiheeseen.

Betonointeja tehtäessä tulee valu-alustat pitää sulana sekä huolehtia riittävän pitkään lämmityksestä. Edullisempaa on pitää betoni korkeassa lämpötilassa vähän aikaa kuin pitkään matalassa lämpötilassa. Mittauksilla tulee varmistaa, ettei betonin lämpötila pääse laskemaan nollan alapuolelle liian varhaisessa vaiheessa. Koska liian aikainen jäätyminen vaikuttaa betonin loppulujuuteen, voivat seuraukset olla todella vakavat. Talvi vaikuttaa myös betonin kuivumiseen ja tätä kautta pinnoitettavuuteen. Tutkimuksen kohteessa olleessa rakennuksessa ei ollut pinnoitettavuusvaatimuksia, joten tutkimuksessa ei oteta kantaa tähän. Talvibetonointien laadunhallinnan kannalta on erittäin tärkeää informoida myös työmaan muuta henkilökuntaa talvibetonointiin liittyvistä riskeistä ja niiden seurauksista. Oikeanlaisen vastuun jakamisella henkilöstölle saadaan laadunhallintatoimenpiteet tehtyä varmemmin ja tehokkaammin.

Pohjarakentamisen laadunhallinnan kannalta oleellisin asia on sulan maan päälle rakentaminen. Mikäli päälle täytetään muita maakerroksia, tulee pohjalla oleva kerros sulattaa ja tiivistää. Vastaavasti nämä toimenpiteet on suoritettava, mikäli päälle tehdään uusia rakenteita. Maan sulaminen täysin tulee varmistaa koekuopalla. Täyttötöitä tehdessä tulee varmistaa, että täyttömateriaali on sulaa. Se ei myöskään saa sisältää lumipaakkuja. Laadunvarmistamiseksi tulee täyttökerrosten paksuutta pienentää.

Talvirakentamisen laadunhallinnan avainasia on laaturiskien tunnistaminen. Mikäli talvella suoritettavaan työtehtävään liittyy betoni tai maa-aines, tulisi hälytyskellojen soida. Kun riski on tunnistettu, keinot sen hallitsemiseksi ovat useimmiten varsin helposti saatavilla. Talvella rakennettaessa henkilöstön rooli ja vastuu laadunhallinnasta korostuu entisestään.

5.4 Talvirakentamisen työturvallisuus

Talvella on oma vaikutuksensa rakentamisen työturvallisuuteen. Eniten havaintoja kertyi liukastelusta piha-alueilla. Raskaat ajoneuvot kiillottavat piha-alueen polanteen todella liukkaaksi. Toisaalta lumen alle jääneet pakkausmuovit muodostavat salakavalia ansoja. Työmaan pitämisellä siistinä voidaan torjua liukastumisista aiheutuneita tapaturmia. Lisäksi liukasta polannetta voidaan hiekoittaa. Loukkaantumisia ei havaittu, mutta riski loukkaantumiseen on olemassa, kun kaadutaan vauhdikkaasti. Pakkasen kiriessä kovaksi havaittiin myös työkenkien turvapohjan kovettuvan. Kovettuminen teki kengistä todella liukkaat. Talvikäytössä tulisikin harkita nastapohjallisten tai vaihtoehtoisesti pakkasta sietävien kenkien hankkimista.

Lumen ja jään sulamisesta varastoalueilta ja porrastornin alta aiheutti myös muutamia havaintoja työturvallisuuteen liittyen. Tavaraa varastoitaessa tulisi kaikki lumi poistaa tuotteiden alta. Vain tällä tavoin voidaan poistaa polanteen sulamisesta aiheutuva riski tuotteiden kaatumiselle. Vastaavasti pitempiaikaiset työtelineet tulisi perustaa sulatetun ja tiivistetyn maan varaan. Lumella on taipumusta paakkuuntua saksilavojen tukijalkoi-

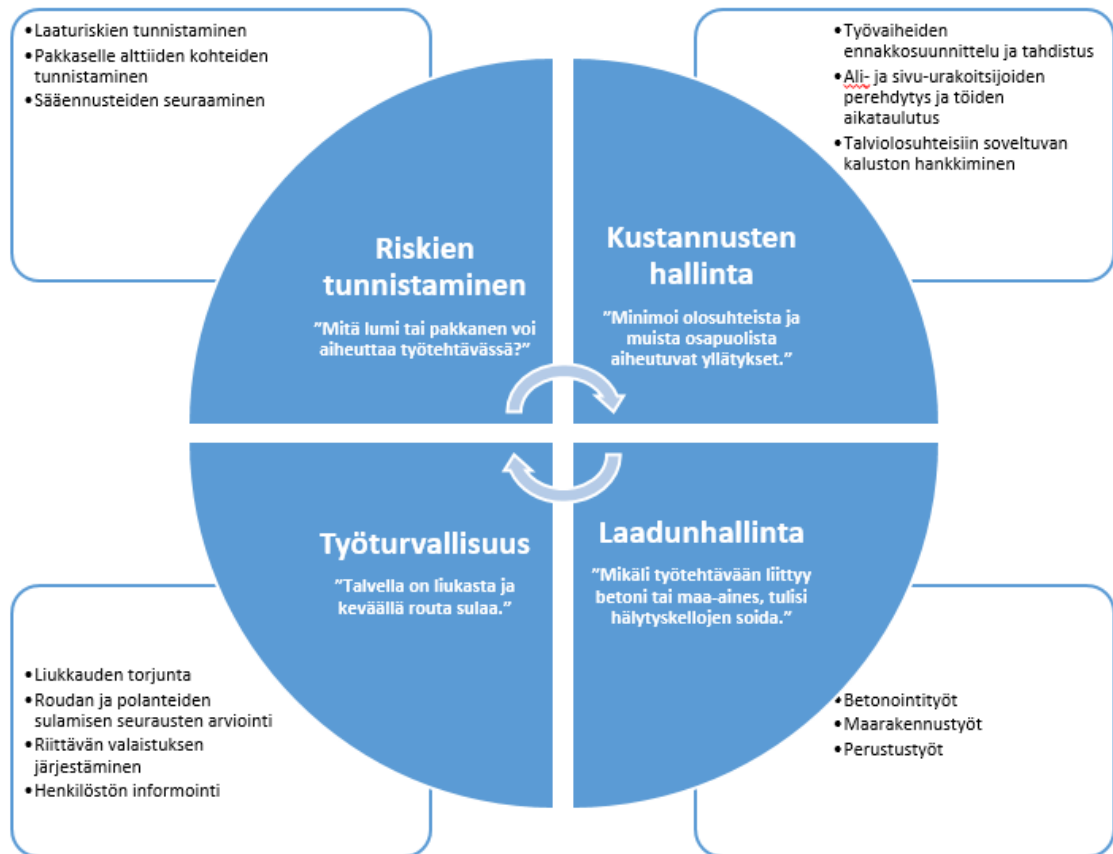
hin. Tästä aiheutuvan uhan torjumiseksi voidaan työmaahenkilöstöä informoida ja velvoittaa puhdistamaan tukijalkoja. Kaiken kaikkiaan henkilöstön perehdytyksellä on merkittävä vaikutus talvirakentamisen työturvallisuudessa.

Pakkasen aiheuttamista paleltumista työmaalla ei tehty havaintoja. Työnjohto havaitsikin henkilöstön osaavan hakeutua lämmittelemään ennen paleltumien syntymistä. Toki paikakunnalta kotoisin ollut työvoima oli tottunut toimimaan pakkasessa. Piha-alueen valaistuksessa hyödynnettiin kaupan entisen parkkipaikan valaistusta, mikä toimi erinomaisesti. Lisäksi työntekijöillä oli henkilökohtaiset otsalamput käytössään. Vastaavanlaista valaistusta kannattaa hyödyntää jatkossakin. Roudansulatus- ja maatöitä rakennusrungon sisällä tehtäessä tuuletus järjestettiin savunpoistoluukkujen ja oviaukkojen kautta. Tällä tavoin poistettiin pakokaasuja sisäilmasta. Mikäli savunpoistoluukkuja ei ole käytettävissä, tulee vastaava tuuletus järjestää esimerkiksi jättämällä osa katosta auki. Sisävalmistusvaiheessa tulee lämmityslaitteisto sijoittaa niin, että kaikki pakokaasut menevät ulkoilmaan.

Talvirakentamisen työturvallisuuden kannalta tärkeimpiä asioita ovat liukkauden torjunta, roudan ja polanteiden sulamisen seurausten arviointi sekä riittävän valaistuksen järjestäminen. Työturvallisuuden edistämiseksi tulee työmaahenkilöstöä informoida talven aiheuttamista riskeistä ja velvoittaa niiden torjumiseen.

5.5 Yhteenveto

Talvirakentamisen kustannusten- ja laadunhallinta on koko talvella tapahtuvan rakennustyön ajan jatkuva prosessi. Riskien tunnistamiseen ja hallintakeinoihin on kiinnitettävä huomiota päivittäin. Lisäksi talvirakentamisen työturvallisuus vaatii kesä rakentamista enemmän huomiota. Kuvassa 43 on esitetty talvirakentamisen tärkeimmät asiat työmaatekniikassa kustannusten- ja laadunhallinnan viitekehyksessä.



Kuva 43. Työmaateknisten asioiden prosessi talvirakennustyössä

6. TULOSTEN ANALYSOINTI

6.1 Talvirakentamisen kustannusten hallintatoimet

Kustannuslaskentaa suoritettaessa tulee talven aiheuttaman lisäkustannukset sisällyttää laskentaan työvaiheittain. Tunnetuista ominaisuuksista talvirakennuskustannukset ovat riippuvaisia vuodenajasta, rakennuksen tyypistä ja rakenteista. Sääolosuhteiden ajoittuminen suhteessa työvaiheisiin aiheuttaa kuitenkin talvella kesää suurempaa epävarmuutta. Myös työvaiheissa tapahtuneiden epäonnistumisten kustannukset ovat kesää suuremmat. Kustannusten hallitsemiseksi tulee jo kustannuslaskentavaiheessa lisätä talvitöille työvaihelisän lisäksi olosuhteista aiheutuva epävarmuuslisä.

Tutkimuksen aikana tärkeimmäksi talvirakentamisen kustannustekijäksi havaittiin pohjatyöt kokonaisuudessaan. Tämän vuoksi ainakin kustannusmielessä suurimmat riskit ovat pohjarakennusvaiheessa. Toisaalta paras potentiaali kustannusten hallitsemiseksi talvitöissä on juuri pohjarakennusvaiheessa. Maaperän sulatuksen, kaivu- ja täyttötöiden sekä perustusasennuksien tahdistamisella saadaan kustannukset pohjarakennusvaiheessa hallittua. Lisäksi on kannattavaa siirtää mahdollisuuksien mukaan pohjarakennustöitä keuhällä tehtäväksi, jolloin säästytään talven aiheuttamilta lisäkustannuksilta kyseisissä työvaiheissa.

Talvitöiden kustannushallinnan kannalta laaturiskien tunnistaminen ja torjuminen ovat ehdottoman tärkeitä. Laaturiskin toteutuessa ovat sen kustannusvaikutukset suuret. Talvi aiheuttaa useita laaturiskejä, mutta tärkeimmät niistä liittyvät betonointiin ja sulaan maahan rakentamiseen. Erityisesti talvibetonoinnin ja talvella tehtävän pohjarakentamisen laadunhallintatoimenpiteet ovat osa talvitöiden kustannusten hallintaa. Laadunhallinnan ja työmaan toimintaedellytysten täyttymisen kannalta on tarpeellista jatkuvasti seurata mitkä rakenteet, koneet tai laitteet eivät kestä jäätymistä.

Koska talvirakentaminen sallii vähemmän joustoa, on työvaiheiden aikataulutus pienisäkin asioissa tarpeellista. Työvaiheen aloitusedellytykset tulee varmistaa etukäteen sekä käydä ne ennakolta läpi muidenkin urakoitsijoiden kanssa. Työvaiheen keskeytymisestä aiheutuvat lisäkustannukset päätyvät pääurakoitsijan maksettavaksi.

6.2 Tutkimuksen tarkastelu

Tutkimuksen kohteena oli Pohjois-Suomessa sijaitseva toimitilarakennus. Rakennus on yksikerroksinen, hallimainen ja koostuu pääasiassa elementeistä. Talvibetonointityötä kohteessa oli suhteellisen vähän. Kohteen pohjarakennusvaiheen talvityökustannukset olivat kirjallisuudessa esiintyviä viitearvoja suuremmat. Toisaalta runkotyövaiheen kus-

tannukset jäivät kirjallisuudessa esiintyviä viitearvoja pienemmiksi. Sisätyövaiheen talvityökustannukset eivät ole vertailukelpoisia vaiheen ajoittuessa pääosin kesäkuukausille. Edellä mainitut tulokset ovat loogisia peilattaessa niitä rakennuksen tyyppiin ja rakennustöiden ajoittumiseen. Pohjatöitä lisää rakennuksen laaja-alaisuus ja toisaalta töiden ajoittuminen sydäntalveen lisää entisestään talvirakennuskustannuksia kyseisessä vaiheessa. Vastaavasti kohteen yksikerroksisuus ja pelti-villa-pelti elementtien käyttö pienentää runkotyövaiheen talvirakentamiskustannuksia.

Projektien lisäksi myös vuodet ovat yksilöllisiä säänsä puolesta. Toistamalla vastaavanlainen työmaa, vastaavana ajankohtana ja samanlaisessa paikassa saataisiin erilaiset talvirakennustoimenpiteiden ja -kustannusten tulokset. Suojaustoimenpiteisiin ja betonointien lämmitykseen sääolosuhteilla on suurin vaikutus. On kuitenkin huomattava, että talvirakennuskustannuksista merkittävimpään ne eivät vaikuta. Roudansulatukseen sääolosuhteilla ei ole vaikutusta. Joihinkin työvaiheisiin huonot sääolosuhteet vaikuttavat kustannuksien puitteissa merkittävästi enemmän kuin toisiin. Sääolosuhteiden ajoittuminen vaikuttaa siis talvityötoimenpiteisiin ja siten -kustannuksiin. Tämän tutkimuksen kohteena olleessa työmaassa sääolosuhteitten koettiin olevaan keskimäärin rakentamista suosivia. Tämä tulee huomioida tutkimuksen tuloksia jatkokäyttöön sovellettaessa. Huonompi sääolosuhteiden ajoittuminen työvaiheisiin nähden kasvattaa rakentamisen kustannuksia.

Kustannusten arviointiin ja muihin talvityöhavaintoihin liittyy virhettä. Kaikkia talvitöitä ei ole voitu inhimillisistä syistä havaita. Toisaalta joidenkin osalta on menekkitiedot voitu arvioida liian suuriksi. Suurin osa kustannuksista koostuu kuitenkin roudansulatuksesta, minkä kustannukset ja menekit ovat varsin selkeästi rajattavissa. Tämän vuoksi kustannusseurannan tuloksen pitäisi olla varsin tarkka. Valistunut arvaus kustannusseurannan virhemarginaalista on $-10 - +20$ %. Karkeaksi viitearvoksi talvityökustannuksille annetaan kirjallisuudessa 5% rakennusteknisten töiden urakkasummasta. Kohteessa havaitut talvityökustannukset korreloivat kohtuullisesti tämän kanssa. Kun huomioidaan kohteen talvirakentamista palvellut runkorakenne, työvaiheita suosineet sääolosuhteet sekä mahdolliset havainnoimatta jääneet kustannukset, voidaan tutkimuksen kustannusseurannan tulosta pitää kohtuullisen onnistuneena.

Toimintatutkimuksessa tutkimuksen tekijän tulisi pyrkiä tarkkailemaan toimintaympäristöään mahdollisimman objektiivisesti. Koska tutkimuksen tekijä toimi työmaan aikana myös muissa tehtävissä, oli hän osa tutkimuksen kohdetta. Tämä tutkimus täyttää luvussa 3.1 esitetyt toimintatutkimuksen kriteerit.

Kaikkiaan tutkimusta voidaan pitää onnistuneena. Tutkimuksen aikana kerättiin arvokasta tietoa talvirakentamisen menetelmistä ja kustannusvaikutuksista. Yksikäsitteistä vastausta talvirakentamisen kustannusten hallintaan ei saatu, mutta tärkeimmät osatekijät tunnistettiin. Tutkimuksen tilanteen yrityksen kannalta arvokasta oli myös tieto toteutuneista talvirakentamiskustannuksista.

6.3 Jatkotutkimusehdotukset

Tämän tutkimuksen aikana saatiin selville talvirakentamisen kustannusten- ja laadunhallinnan päätekijät. Käytännön toimenpiteitä tekijöiden hallitsemiseksi saatiin kuitenkin selvitettyä varsin vähän. Toisaalta toimenpiteet voivat olla varsin erilaisia kohteen luonteesta riippuen, eikä yleistason selvityksestä saada merkittävää hyötyä. Esimerkiksi tämän tutkimuksen kohteessa talvibetonointi ei ollut niin merkittävässä roolissa kuin useimmissa muissa talvirakennuskohteissa. Lisäksi olisi mielenkiintoista tietää tarkemmin rakennushankkeen aloitusajankohdan vaikutuksista urakoitsijan toteutuskustannuksiin. Koska talvella aliurakat vaikuttaisivat olevan edullisempia kuin kesällä, voisi sopivalla hankkeen ajoituksella talvirakentamisesta saada jopa kustannussäästöjä. Tutkittavana kohteena voisi olla hanke, missä pohjarakentaminen suoritettaisiin sulaan maahan ja muut vaiheet talvirakentamisena. Kuitenkin normaalissa asuntorakentamisessa talven vaikutus runkovaiheen kustannuksiin on merkittävämpi kuin tutkimukseen kohteena olleen kaltaisessa toimitilarakennuksessa. Tällaisen tutkimuksen luotettavaan suorittamiseen tarvittaisiin kuitenkin suuret määrät vertailutietoa, sillä aliurakoiden hinnat ja talven aiheuttamat lisäkustannukset vaihtelevat suuresti kohteittain.

Tutkimuksessa havaittujen talvirakentamisen kustannusten- ja laadunhallinnan ydinasioiden on paljon yhteistä Lean-ajattelun periaatteiden kanssa. Arvoa tuottamattomat työvaiheet tulee karsia mahdollisimman tarkasti ja toisaalta tiettyjen työvaiheiden läpimenoaikoja pitää pyrkiä pienentämään. Toyotan Kanban sääntöjen mukaan seuraava prosessi tilaa vain tarvittavan määrän tuotteita ja toisaalta toimitetaan vain tarpeellinen määrä (Liker cop. 2004). Tämä korreloivat hyvin talvirakentamisen maatoiden kustannustenhallinnan kanssa. Toki ne ovat hyväksi todettuja periaatteita useimpien tuotantoprosessien tehostamiseen. Lean-ajattelun ja TPS:n soveltaminen talvirakentamiseen voisi olla tutkimisen arvoinen kohde.

7. POHDINTA

Tutkimuksen tuloksia johdettaessa on verrattu tutkimuksen aikana kerättyjä havaintoja sekä kirjallisuuskatsauksen informaatiota. Erityisesti haastattelusta kerätty aineisto korreloi hyvin kirjallisuuskatsauksen informaation kanssa. Myös tutkimuspäiväkirjan aineistossa on kirjallisuuden kanssa korreloivia havaintoja. Kustannus seurannan tuloksissa on kirjallisuudessa esiintyviin arvoihin verrattuna pientä hajontaa.

Tutkimuksen aineisto on kerätty yhden rakennustyömaan aikana yhden henkilön toimesta. Koska talvityöhavaintoja on tehnyt vain tutkimuksen tekijä, ei kaikkia talvitöitä ole todennäköisesti havaittu. Talvet ovat erilaisia ja rakennusprojektit ovat aina yksilöllisiä. Kerrostaloprojektissa tehtävät talvirakentamistyöt ja -kustannukset jakautuisivat hyvin eri tavalla, kuin tässä työssä esiteltyssä hallimaisessa toimitilarakennuksessa. Myös Pohjois-Suomen Etelä-Suomea kylmempi, mutta kuivempi talvi muuttaa rakentamisen luonnetta. Tästä johtuen aineisto ei ole sellaisenaan hyödynnettävissä muihin projekteihin.

LÄHTEET

Berg, K. (1994). Yrityksen riskinhallinta, 2. uud. p. ed., Suomen vakuutusalan koulutus ja kustannus, Helsinki, 357 sivua p.

Heikkinen, H., Rovio, E. & Syrjälä, L. (2007). Toiminnasta tietoon: Toimintatutkimuksen menetelmät ja lähestymistavat, Kansanvalistusseura, .

IRGC (2005). White paper on Risk Governance. Towards an Integrative Approach. International Risk Governance Council, Geneve, .

Koskenvesa, A. Talvirakentaminen, Rakennustieto, web page. Available (accessed 15.9.2016): <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK99s697.pdf>.

Koski, H. (1995). Rakennushankkeen tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus, Rakennustieto Oy, .

Liker, J.K. (cop. 2004). The Toyota way : 14 management principles from the world's greatest manufacturer, McGraw-Hill, New York, xxii, 330 sivua p.

Linturi, H. Toimintatutkimus, web page. Available (accessed 18.9.2016): http://www.futunet.org/fi/materiaalit/metodit/2_metodit/5_actix?C:D.

Palomäki, J. RATU C8-0377, Talvityöt ja -kustannukset, Rakennustieto Oy, web page. Available (accessed 10.9.2016): <https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/5guoZSZP2%3A%2447%24R0377%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-105788/R0377.pdf>.

Rissa, K. (1999). Riskit hallintaan : turvallisuus, terveys, ympäristö, laatu, tuottavuus, Työturvallisuuskeskus, Helsinki, 208 sivua p.

Saarikivi, M. & Kankainen, J. (1989). Vuodenajan kustannusvaikutukset rakennustuotannossa, Teknillinen korkeakoulu, .

SRHY Riskienhallintaprosessi, Suomen riskienhallintayhdistys, web page. Available (accessed 21.9.2016): <http://www.pk-rh.fi/index.php?page=riskienhallintaprosessi>.

Suojanen, U. Toimintatutkimus, web page. Available (accessed 18.9.2016): <https://metodix.fi/2014/05/19/suojanen-toimintatutkimus/>.

Talvirakentaminen, (1981). Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, Hki, .

Talvirakentaminen, (1990). Rakentajain kustannus, Hki, 104 sivua p.

Tappura, S. Toimintatutkimus, web page. Available (accessed 19.9.2016): http://matriisi.ee.tut.fi/hmopetus/hmjatko-opintosemma/2008/Tappura_Toimintatutkimus090109.pdf.

Teriö, O., Tiainen, A., Toivari, O. & Tolonen, T. (2010). Rakennuttamisen riskien taloudellisen tarkastelun prosessi ja menetelmät, 13, Liikennevirasto, .

VTT Riskianalyysit, VTT, web page. Available (accessed 21.9.2016): <http://www.vtt.fi/palvelut/liiketoiminnan-kehitt%C3%A4minen/riskienhallinta/riskianalyysit>.

Vuori, M. & Sauni, S. Projektiriskit, VTT, web page. Available (accessed 27.9.2016): <http://www.pk-rh.fi/uploads/tiedostot/projektiriskit-tietokortti.pdf>.

Waring, A. & Glendon, A.I. (1998). Managing Risk, International Thomson Business Press, 493 p.